© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Stapfia	45	221-258	22. 8. 1996

Pheromon-Forschungen in Siebenbürgen

GH. STAN

A b s t r a c t : Progresses in Lepidoptera sex pheromones in Transylvania (Romania).

The paper is a synthesis of the studies carried out by the Experimental Entomology Laboratory, during 1978-1993 in Transylvania, in the pest lepidoptera sex pheromones. In the first part of the paper there are presented some general considerations concerning the place, role and the importance of sex pheromones, as part of semiochemicals, as well as the data of start pioneering continuity of pheromonal researches in the Institute of Chemistry and in the Biological Research Institute from Cluj-Napoca. Sex pheromones were synthetised for 28 lepidoptera species, the reproductive and pheromonal behaviour have been studied in laboratory for 12 species, attractivity, specificity and behaviour have been studied in natural conditions, for 98 species. In laboratory conditions have been analysed the following aspects: (a) the role of sex pheromone in reproduction (using mating behaviour analysis and antennectomy); (b) mating behaviour in relation to sex pheromone (calling behaviour, male response behaviour in female locating and courtship); (c) the attractivity of natural (from virgine females and sex pheromone crude extracts) and synthetic sex pheromone through olfactometer tests; (d) factors that influenced the attractivity of sex pheromone in laboratory (temperature, photoperiode, age, dose, minor compounds, synergic compounds or analogues). The studies were made especially for *Mamestra brassicae*, *Xestia c-nigrum*, *Eilema complana balcanica*, *Lacanobia oleracea, Phragmatobia fuliginosa, Malacosoma neustria, Ostrinia nubilalis*. As part of these, there are also presented some aspects of male behaviour in female locating and courtship which were comparatively studied along the evolutive line from *E. complana* to *X. c-nigrum*. The bioassays were carried out especially with olfactometer with cages or glass tubes and the positive response were appreciated through 9 parameters (R1, R2, R3, R4, dR1, dR2, DE1, DE2, CS). The male response behaviour was analysed with 8 (I-VIII) behavioural steps elaborating the pattern of relative importance of quality response to pheromones (or other semiochemicals). In field experiments, the male response behaviour to sex pheromone was characterised by 6 behavioural steps in the 12 Lepidoptera species, on the basis of direct flight observations at the traps, the platform for study of behaviour and cages (Fig. 6). Other aspects were studied too, like: (a) periodicity of male response behaviour; (b) the comparative attractivity of both

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

synthetic and natural sex pheromone; (c) the attractivity and specificity of synthetic sex pheromone and factors (climatics, biotics, populationals, dependent by the sex pheromone and traps) which influenced flight and number of trapped males ; (d) the use of synthetic sex pheromone in monitoring (the evaluation of flight periods and adults emergence; behavioural studies, dynamics of populations; the appearance of new pest lepidoptera in the area; corelations among capture - oviposition - atack frequency - damage; ecological studies: afinity, similarity, diversity, abundance population distribution patterns); (e) studies concerning the possibility of synthetic sex pheromone use in direct control (mass trapping and desorientation). Systematic investigation for many years have been carried out in Transylvania on *Mamestra brassicae* (14 years), *Xestia c-nigrum* (7 years), *Agrotis segetum, A. exclamationis, A. ypsilon* (4 years), *Autographa gamma* and *Ostrinia nubilalis* (3 years). The other 26 species, sympatric with *Mamestra brassicae* and species captured in the traps with variants of (Z)-11- Hexadecenylacetate, have been studied, too. The comparative observations with both light and sex pheromone traps were found important for the understanding of reproductive statuus and behaviour of Lepidoptera populations in the field.

R é s u m é : Recherches concernant les phéromones sexuelles des Lépidoptères en Transylvanie (Roumanie).

L'ouvrage est une synthèse des études sur les phéromones sexuelles des Lépidoptères nuisibles effectuées dans l'intervalle 1978-1993 en Transylvanie, dans le cadre du Laboratoire d'entomologie expérimentale. Sont présentées d'abord certaines données générales sur la place, le role et l'importance des phéromones sexuelles dans la groupe des médiateurs chimiques. De plus, sont présentées aussi des données concernant le début (1973) et la suite des recherches à l'Institut de chimie et l'Institut de recherches biologiques de Cluj-Napoca. La phéromone sexuelle a été synthétisée pour 28 espèces, le comportement reproducteur et les phéromones sexuelles ont été étudiés pour 12 espèces. Dans les conditions naturelles, l'attractivité sélective et le comportement ont été étudiés pour 98 espèces. Dans les conditions de laboratoire nous avons analysé: a) le role de la phéromone sexuelle dans la reproduction (par l'accouplement et l'antennectomie); b) le comportement reproducteur en relation avec la phéromone sexuelle (le comportement de l'appel chez la femelle, et le comportement du male dans la localisation de la femelle et la parade nuptiale); c) l'attractivité de la phéromone sexuelle naturelle (émise par les femelles vierges et les extraits naturels de phéromone) et l des phéromones sexuelles synthétiques, à l'aide des tests olfactometriques; d) l'influence des facteurs (temperature, photopériode, age, dose, composantes secondaires, analogues et synergistes) sur l'attractivité de la phéromone sexuelle en laboratoire. Ces recherches ont été faites particulièrement pour les espèces *Mamestra brassicae*, *Xestia c-nigrum*, *Eilema complana*, *Ostrinia nubilalis*, *Malacosoma neustria*, *Lacanobia oleracea, Phragmatobia fuliginosa*. Parmi les données présentées sont détaillées celles qui concernent de comportement dans l'accouplement (la localisation de la femelle et la parade nuptiale) analysées comparativement et en corelation sur la ligne évolutive des espèces *Eilema complana balcanica* - *Mamestra brassicae* - *Xestia c-nigrum*. Les test comportementaus ont été faits surtout avec un ol-

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

factomètre à cages ou tubes et la réponse positive a été estimée avec 9 paramètres (R1, R2, R3, R4, dR1, dR2, DE1, DE2, CS). Le comportement de réponse a été apprecié avec 8 (I-VIII) éléments (pass = steps) du comportement ensuite on a élaboré „le modèle de l'importance relative de la qualité de réponse à la phéromone" (ou autre mediateurs chimiques). Dans les conditions du champ, le comportement de réponse au phéromone sexuelle a été analysé selon 6 éléments du comportement (Fig. 6) pour 12 espèces de lépidoptères nocturnes. Par ailleurs d'autres aspects etudiés, ont été: a) la péridicité quotidienne de la réponse et de l'activité sexuelle des males; b) l'etude comparative de l'attractivité et la spécificité de la pheromone sexuelle synthétique et les facteurs impliqués (relatifs aux caractéristiques des écosystemes, aux conditions de piègeage - pièges et appats, à la population, facteurs climatiques et biotiques); d) l'utilisation des phéromones sexuelles de synthèse dans le monitoring (l'époque d'apparition des papillons, l'évolution générale du vol, la surveillance des populations, la presence des espèces nouvelles dans la zone, la répartition de ravageurs, la dynamique du vol, l'estimation des niveaux des populations, déplacements au niveau local ou régional, relations entre la capture - oviposition - fréquence des attaques - damagge, études du comportement, études ecologiques: affinité, similarité, diversité, abondance, modèle de distribution des populations); e) des recherches sur l'utilisation de la phéromone sexuelle synthétique dans la lutte directe (piegeage de masse et confusion sexuell contre les males). Des recherches systématiques et de durée ont été faites en Transylvanie pour les espèces *Mamestra brassicae* (14 ans), *Xestia c-nigrum* (7 ans), *Agrotis segetum*, *A. exclamationis, A. ypsilon* (4 ans), *Autographa gamma* et *Ostrinia nubilalis* (3 ans). Au sein des espèces simpatriques avec *Mamestra brassicae* ou des espèces cohabitantes qui ont répondu à des variantes avec (Z)-11-HDA, ont été etudiées 26 autres espèces. Les études comparatives à l'aide des pièges sexuels et lumineux sont très importantes pour la connaissance du statut reproductif et du comportement des populations.

Vorliegende Arbeit stellt eine Synthese der Untersuchungen über Sexualpheromone an schädlichen Lepidopteren-Arten dar, die von der Arbeitsgruppe für experimentelle Entomologie am Institut für Biologische Forschungen (Klausenburg) während der Zeitspanne 1978- 1994 in Siebenbürgen durchgeführt wurden.

1. Zuordnung, Rolle und Bedeutung der Sexualpheromone im Rahmen der chemischen Botenstoffe

RÉAUMUR (1736) beobachtete die Fähigkeit der Insekten sich auf Entfernung zum artspezifischen Individuum hin zu orientieren und bezeichnete diese Eigenschaft als „mirakulösen Instinkt". Der berühmte Versuch von FABRE (1870) mit Weibchen von *Saturnya piri*, die Männchen in der Dunkelheit auf große Entfernungen anlocken, warf

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

seinerzeit ein neues Fragezeichen hinsichtlich dieser Erscheinung auf. Der Autor war fest davon überzeugt, daß dabei nicht der Lichtsinn ausschlaggebend war, doch wies er die Idee der chemischen Natur dieser Wirkung zurück. BUTENANDT (1939) war derjenige, der als erster die Existenz eines chemischen Signals vermutete und dem es nach 20 jährigen Untersuchungen gelang, den Lockstoff Bombykol (für *Bombyx mori*) zu synthetisieren (1959), eine chemische Botschaft, die als Sexualpheromon bezeichnet wurde (KARLSON & LÜSCHER 1959). Damit wurden umfassende Untersuchungen in dieser Forschungsrichtung eingeleitet, so daß die chemische Struktur der Lockstoffe heute bei fast allen Insektenarten, insbesondere aber bei Lepidopteren, aufgeklärt ist (ARN et al. 1992).

Die Sexualpheromone sind chemische, aus zwei oder mehreren Komponenten zusammengesetzte Signalstoffe, die aus langen, meist ungesättigten Ketten mit Alkohol-, Acetat- und Aldehyd-Gruppen bestehen. Die Sexualpheromone werden von einem der Geschlechter (häufig vom Weibchen) produziert und an die Luft abgegeben, wobei sie ein charakteristisches Verhalten beim anderen Geschlecht auslösen, das zur Paarung führt. Die Sexualpheromone werden analog zu den Hormonen durch Drüsen mit innerer Sekretion abgesondert, so daß einige Autoren die Verwendung der Bezeichnung Pherohormone (RENOU und ZAGATTI 1986) als richtiger ansehen.

Die bei Insekten in geringsten Mengen nachgewiesenen Sexuallockstoffe gehören heute zweifellos zu den bemerkenswertesten bekannten physiologisch aktiven Substanzen. Seit ihrer Entdeckung vor 35 Jahren sind sowohl hinsichtlich ihrer Synthese als auch in der Entwicklung der Methodik der Verhaltensforschung beachtliche Fortschritte erzielt worden (HUMMEL & MILLER 1984, NOLDUS 1991).

Eine wichtige Erkenntnis beruhte auf der faszinierenden Feststellung, daß diese in geringsten Mengen produzierten und für die Fortpflanzung der Arten so wichtigen Substanzen auch bei der eigenen Zerstörung eingesetzt werden können, so daß sich die Problematik der Anwendung der Sexualpheromone im Rahmen der Methoden und biotechnischen Verfahren zur Überwachung und direkten Bekämpfung der Schädlinge gegenwärtig der besonderen Aufmerksamkeit der Fachleute erfreut.

Chemische Botenstoffe (semiochemicals) sind durch Insekten oder durch Komponenten ihrer Umgebung freigesetzte chemische Substanzen, die essentielle Botschaften für das Leben, die Modulierung des Verhaltens und das Überleben der Arten vermitteln.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

2. Beginn und Kontinuität der Forschungen über Insekten-Pheromone in Siebenbürgen

In Rumänien wurde die Pheromonforschung in Klausenburg 1973 eingeleitet. In jenem Jahr wurde das Laboratorium für Naturprodukte (als erste Arbeitsgruppe dieses Profils in Osteuropa überhaupt und eine der ersten des Kontinents) am Institut für Chemie in Klausenburg gegründet und das erste Pheromon synthetisiert (atraPOM - für *Laspeyresia pomonella*). Die Mitarbeiter dieser Arbeitsgruppe konnten dabei als bemerkenswerten Vorteil die in der Erforschung der Steroid-Hormone gesammelte Erfahrung mitbringen.

1978 wurde das Forschungskollektiv für biologische Bekämpfung (heute Arbeitsgruppe für experimentelle Entomologie) am Biologischen Forschungsinstitut in Klausenburg als erstes und bisher einziges dieser Arbeitsrichtung im Land ins Leben gerufen, das auf Untersuchungen über die Fortpflanzungsbiologie, das Fortpflanzungsverhalten, das Pheromon-Verhalten und auf die Anwendung der Sexualpheromone zur Überwachung schädlicher Insekten spezialisiert ist. Die ersten Untersuchungen befaßten sich mit der Fortpflanzungsbiologie einiger Nachtlepidopteren-Arten (TOMESCU et al. 1978, TOMESCU et al. 1980). Nachfolgend wurden charakteristische Arten für Siebenbürgen, aber auch schädliche Lepidopteren anderer Landesgebiete, in die Forschungen einbezogen.

Die bis zur Zeit gesammelte Erfahrung im Bereich der Chemie und Biologie der Sexualpheromone fand ihren Niederschlag in der Veröffentlichung von 4 einschlägigen Büchern (BARABAŞ et al. 1975, GHIZDAVU et al. 1983, GHIZDAVU & OPREAN 1987, CIOCHIA et al. 1993), etwa 200 Arbeiten und 23 Erfinderpatenten. Gegenwärtig synthetisiert das Laboratorium für Naturprodukte über 50 Pheromonkomponenten, die bei der Formulierung von über 30 Sexual- und Aggregationspheromonen für schädliche Insekten verwendet werden. Jährlich werden 2 bis 3 neue Produkte hergestellt. Der Bedarf an Pheromonen für das Inland ist dadurch gedeckt (150.000 Stück/Jahr); der Gesamtwert der Produktion für das Jahr 1994 betrug 36.800 DM. Als Weltpremiere gelang die Isolierung und Identifizierung der Sexualpheromone bei 6 Insekten-Arten.

In Siebenbürgen wurden Pheromon-Untersuchungen bei folgenden Arten durchgeführt:

a). Arten bei denen das Sexualpheromon synthetisiert wurde:

Laspeyresia pomonella L., *Grapholita funebrana* TR., *Grapholita molesta* BUSCK, *Anarsia lineatella* Z., *Lymantria monacha* L., *Adoxophyes orana* F.R., *Hsdya nubiferana* HAW., *Enarmonia formosana* SCOP., *Autographa gamma* L., *Xestia c-nigrum* L., *Tortrix viridana* L., *Rhyacionia bouliana* DEN. & SCHIFF., *Eupoeccilia ambiguella* HBN., *Spilonota ocellana* DEN. & SCHIFF., *Lobesia botrana* DEN. & SCHIFF., *Phyllonoricter blancardella* F., *Stigmella malella* STT., *Archips podana* SCOP., *Orgyia antiqua* L., *Agrotis segetum* DEN. & SCHIFF., *Cnephasia pasiuana* HBN., *Zeiraphera rufimitrana* H.-S., *Sparganotis pilleriana* DEN. & SCHIFF., *Agrotis exclamationis* L.,

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Leucoptera malifoliella O.G.COSTA, *Lacanobia oleracea* L., *Discestra* trifolii HUFN., *Plutella xylostella* L. (Die Arten sind in der Reihenfolge der durchgeführten Pheromonsynthese angeordnet).

b). Arten bei denen das Fortpflanzungs- und Pheromonverhalten im Labor untersucht wurde:

Malacosoma neustria L., *Euproctis chrysorrhoea* L., *Yponomeuta malinellus* Z., *Eilema complana* L., *Phragmatobia fuliginosa* L., *Ostrinia nubilalis* HBN., *Peridroma saucia* HBN., *Polia bombycina* HFN., *Mamestra brassicae* L., *Lacanobia oleracea* L., *Lacanobia suasa* DEN. & SCHIFF., & SCHIFF., *Discestra trifolii* HFN.

c). Arten bei denen die Attraktivität des Pheromons im Gelände untersucht wurde:

YPONOMEUTIDAE: *Plutella xylostella* L. TORTRICIDAE: *Epinotia nisella* CL., *Epinotia maculana* FABR., GEOMETRIDAE: *Epirrita christyi* ALLEN, *Operophtera fagata* SCHARF., *Aplocera praeformata* HBN., *Ennomos quercinaria* HFN., *Erannis defoliaria* CL., *Ascotis selenaria* DEN. & SCHIFF., *Agriopis aurantiaria* HBN., THYATIRIDAE: *Tethea or* DEN. & SCHIFF., NOTODONTIDAE: *Ptilophora plumigera* DEN. & SCHIFF., LYMANTRIDAE: *Lymantria monacha* L., *Lymantria dispar* L., ARCTIIDAE: *Phragmatobia fuliginosa* L., *Spilosoma luteum* HFN., *Spilosoma lubricipeda* L., NOCTUIDAE: *Tyta luctuosa* DEN. & SCHIFF., *Euclidia glyphica* L., *Colocasia coryli* L., *Craniophora ligustri* DEN. & SCHIFF., *Arsilonche albovenosa* GZE., *Emmelia trabealis* SCOP., *Diachrysia chrysitis* L., *Diachrysia tutti* KOST., *Macdunnoughia confusa* STPH., *Autographa gamma* L., *Amphipyra* pyramidea L., *Amphipyra livida* DEN. & SCHIFF., *Amphipyra tragopoginis* CL., *Pyrrhia umbra* HFN., *Hoplodrina blanda* DEN. & SCHIFF., *Hoplodrina ambigua* DEN. & SCHIFF., *Hoplodrina alsines* BRAHM., *Dypterygia scabriuscula* L., *Trachea atriplicis* L., *Actinotia polyodon* CL., *Ipimorpha retusa* L., *Ipimorpha subtusa* DEN. & SCHIFF., *Enargia paleacea* ESP., *Mesogona acetosellae* DEN. & SCHIFF., *Cosmia trapezina* L., *Xanthia citrago* L., *Agrochola circellaris* HFN., *Agrochola lota* CL., *Agrochola macilenta* HBN., *Agrochola humilis* DEN. & SCHIFF., *Eupsilia transversa* HFN., *Conistra vaccinii* L., *Acronicta rumicis* L., *Brachilomia viminalis* F., *Litophane ornitopus* HFN., *Xylena vetusta* HBN., *Dichonia aprilina* L., *Apamea monoglypha* HFN., *Apamea lithoxylea* DEN. & SCHIFF., *Apamea oblonga* HW., *Apamea ophiogramma* ESP., *Oligia strigilis* L., *Amphipoea fucosa* FRR., *Mesoligia furuncula* DEN. & SCHIFF., *Celaena leucostigma* HBN., *Discestra trifolii* HFN., *Caradrina clavipalpis* SCOP., *Axylia putris* L., *Lacanobia* w-*latinum* HFN., *Lacanobia oleracea* L., *Lacanobia thalassina* Hfn., *Lacanobia contigua* DEN. & SCHIFF., *Lacanobia suasa* DEN. & SCHIFF., *Hadena bicruris* HFN., *Polia bombycina* HFN., *Polia nebulosa* HFN., *Mamestra brassicae* L., *Heliophobus reticulata* GZE., *Mythimna conigera* DEN. & SCHIFF., *Mythimna pallens* L., *Mythimna l-album* L., *Orthosia incerta* HFN., *Orthosia gracilis* DEN. & SCHIFF., *Orthosia cerasi* F., *Eriopygodes imbecilla* F., *Axylia putris* L., *Ochropleura plecta* L., *Noctua pronuba* L., *Noctua fimbriata* SCHR., *Noctua orbona* HFN., *Euxoa hastifera* DONZ., *Cucullia umbratica* L., *Xestia c-nigrum* L., *Agrotis segetum* DEN. & SCHIFF., *Agrotis exclamationis* L., *Agrotis ypsilon* L., *Agrotis crassa* HBN., *Rivula sericealis* SCOP.

3. Untersuchung des Fortpflanzungs- und Pheromonverhaltens bei schädlichen Lepidopteren

Dieses Kapitel befaßt sich mit den Forschungsergebnissen, die von der Arbeitsgruppe für experimentelle Entomologie hinsichtlich der Fortpflanzungsbiologie, des Fortpflanzungs- und Pheromonverhaltens polyphager Lepidopteren mit Nachtverhalten und im Rahmen der Anwendung synthetischer Sexualpheromone zur Überwachung und

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Bekämpfung schädlicher Arten in der Zeitspanne 1978-1994 erzielt wurden.

3.1. Laboruntersuchungen

3.1.1. Die Rolle des Sexualpheromons bei der Fortpflanzung

Bei der Mehrzahl der Lepidopteren-Arten wird das Sexualpheromon vom Weibchen produziert und in die Atmosphäre freigesetzt, wodurch das Reaktionsverhalten des Männchens ausgelöst und koordiniert wird. Die Realisierung gelungener Kopulationen setzt eine ständige Wechselwirkung zwischen Sender und Empfänger der informationellen Botschaft voraus, wobei die Antenne des Männchens dabei eine bedeutende Rolle spielt. Die Bedeutung des Sexualpheromons für die Fortpflanzung wurde unter Laborbedingungen durch direkte Beobachtungen und Fühler-Amputationen (bei Adulten-Paaren und olfaktometrisch) nachgewiesen. Antennen-Amputationen wurden bei 4 Arten durchgeführt: *Mamestra brassicae*, *Xestia c-nigrum*, *Autographa gamma*, *Malacosoma neustria* (TOMESCU & CHIŞ 1982, TOMESCU et al. 1986, COROIU et al. 1986, STAN 1990). Dabei wurden folgende Parameter untersucht: Anlockung, Männchen-Antwort, Balzverhalten und Paarung. Durch totale bilaterale Antennen-Amputationen bei Männchen wurde das Reaktionsverhalten, und folglich auch die Balz und die Paarung, völlig unterbunden. Das Fehlen der Antennen beim Weibchen hatte keinen signifikanten Einfluß auf das Lockverhalten.

3.1.2. Fortpflanzungsverhalten und Sexualpheromon

Das Fortpflanzungsverhalten umfaßt eine Aufeinanderfolge von Sequenzen, Phasen und Elementen, die in Abhängigkeit von den mit der Fortpflanzung der Art verbundenen biologischen und physiologischen Vorgängen ablaufen. Die Fortpflanzung der Insekten umfaßt 4 unterschiedliche Sequenzen: Anlockung (Freisetzung des Sexualpheromons), Balz, Paarung (Kopulation) und Eiablage (SHOREY 1973). Andere Autoren stufen das Phänomen als viel komplexer ein und unterscheiden eine Sukzession von wenigstens 10 Sequenzen, die mit der Mitose und Meiose beginnt und mit der Eiablage endet (RAABE 1984). Das Sexualpheromon nimmt beim Ablauf zweier dieser Sequenzen teil (Anlockung, Antwort und Balz).

A. Das Lockverhalten der Weibchen

Das Lockverhalten wurde bei *M. brassicae*, *X. c-nigrum* und *Eilema complana balcanica* unter Labor- und Freilandbedingungen untersucht (STAN und COROIU 1984, STAN et al. 1984, STAN 1986, 1988a, STAN 1990). Der Ablauf der Sequenz wurde teilweise auch bei *Malacosoma neustria* und *Ostrinia nubilalis* verfolgt (COROIU et al. 1984,

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

COROIU et al. 1986, CRIŞAN und STAN 1994). Das in der Wechselwirkung zwischen motorischen und physiologischen Aktivitäten bestehende Lockverhalten löst beim Weibchen die Paarungsbereitschaft und gleichzeitig die Freisetzung des Sexualpheromons in die Atmosphäre aus. Diese Sequenz wurde in unseren Untersuchungen in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern analysiert (% der Anlockung, mittlere Zeit der circadianen Lockperiode, Anzahl der Lockreprisen, Dauer), wobei das Verhaltensmuster für repräsentative Arten bestimmt und vergleichend mit dem anderer Arten analysiert wurde (STAN 1990). Untersucht wurde die Periodizität der Anlockung im Labor und im Gelände in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (Temperatur, Photoperiode, Lichtintensität, Alter, Futter, Generation, Zuchtlinie). Die Ausarbeitung charakteristischer Modelle für spezifische Aktivitäten basierte auf der mathematischen Datenverarbeitung langjähriger Untersuchungen über mehrere Generationen. Unsere Ergebnisse konnten das für andere nächtliche Lepidopteren-Arten erarbeitete Verhaltensmodell bestätigen (HAYNES & BIRCH 1984).

B. Reaktionsverhalten des Männchens, Lokalisierung des Weibchens und Balz

Wir haben diese Titelformulierung angenommen, weil die Freisetzung des Sexualpheromons durch die Weibchen das durch folgende Schritte kennzeichnete Reaktionsverhalten des Männchens auslöst: das Verhalten auf Entfernung (Erregungsinduktion beim Männchen, Orientierung, Anflug zum Weibchen, Lokalisierung des Weibchens) und das Verhalten neben der Lockquelle (eigentliches Balzverhalten). Hieraus ergibt sich, nach Auffassung einiger Autoren, die Doppelfunktion des Sexualpheromons (SHOREY 1973). Die für die 3 untersuchten Arten ausgearbeiteten Modelle (STAN 1988, 1990, 1991) bestätigen in großen Zügen das allgemeine Verhaltensmuster der Lepidopteren-Arten mit Nachtverhalten, auch wenn sich die Klassifizierung im Einzelnen von Verfasser zu Verfasser unterscheidet.

a). Das Verhalten bei der Weibchen-Lokalisierung

Unter Versuchsbedingungen mit speziellen Käfigen und in Gegenwart des Weibchens wurde diese Phase vergleichsweise bei den Arten *Mamestra brassicae*, *Xestia c-nigrum*, *Eilema complana* und *Ostrinia nubilalis* untersucht (STAN 1988b, 1990, STAN und CRIŞAN, im Druck). Die kennzeichnenden Verhaltensschritte bei *E. complana*-Männchen und *Mamestra brassicae*-Männchen sind in Abb. 1 dargestellt (STAN 1988a, 1990, 1991). Die ersten 3 Elemente begrenzen die Lokalisierungsphase, die auch für andere Arten kennzeichnend ist (HAYNES & BIRCH 1984) oder anderen vergleichbaren Verhaltensschritten entspricht (ONO 1985). Das Lokalisierungsverhalten war für die 3 genannten Arten hinsichtlich der Aufeinanderfolge und Intensität der Elemente in großen Zügen ähnlich.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

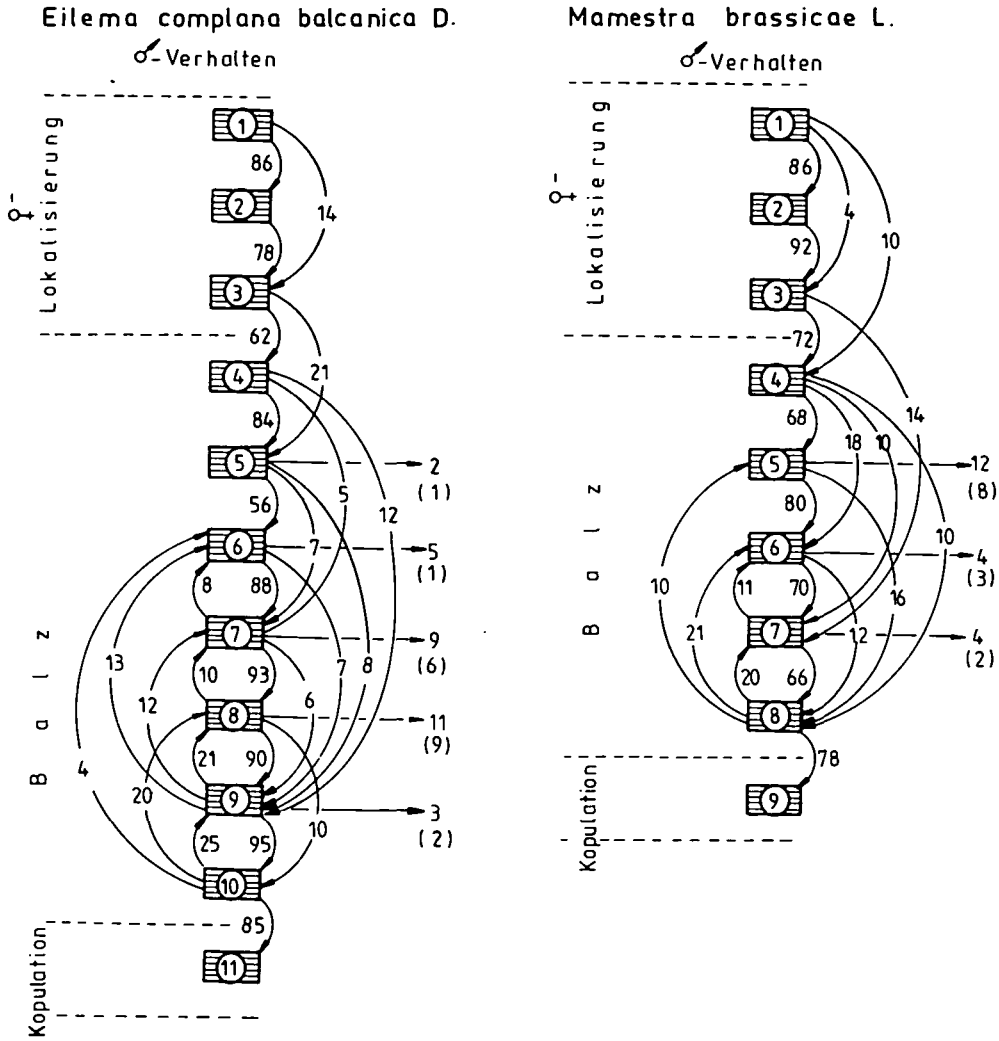


Abb. 1: Die charakteristischen, durch olfaktometrische Testverfahren unter Laborbedingungen bestimmten Elemente des Reaktionsverhaltens bei *Eilema complana*-Männchen und *Mamestra brassicae*-Männchen zur Weibchen-Lokalisierung und im Balzverhalten (die gebogenen Pfeile markieren die aszendenten und deszendenten Transitionen von einem Verhaltenselement zum anderen, die Ziffern sind Prozentwerte; die geraden Pfeile und die entsprechenden Ziffern stellen Prozentwerte bzw. die Anzahl der Männchen dar, die die Verhaltensaktivität nicht wieder aufgenommen haben - nach STAN 1988a). 1 - Aufrichtung und Putzbewegung der Fühler; Flügelstrecken und - schwirren. 2 - Flügelflattern (- schwirren) in kurzen Abständen; stationärer Erregungszustand. 3 - Annäherungsbewegungen zum Weibchen, häufig kurzer Flug („Sprung"); starkes Flügelschwirren; Anflug, gelegentlich Landung beimWeibchen. 4 - Annäherung; starkes Flügelschwirren; Aufwärtskrümmung des Hinterleibs; ausgestülpter Klasper. 5 - Umkreisung des Weibchnes; Berührung des Weibchen; häufig Antennenkontakt. 6 - starkes Flügelflattern und -schwirren; Berührung des Weibchnes (Hinterteil) mit den Antennen; Ausstülpen der Männchen-Balzpheromon-Formationen (MBPF). 7 - Männchen- Hinterleib stark nach vorne gekrümmt; MBPF stark hervortretend; Flügelschwirren. 8 - Lateral-hintere und dorsale Stellung des Männchen. 9 - Ausstoßen und Spreizen der Klasper. 10 - Krümmung des Hinterleibs; Kopulationsversuche. 11 - Kopulation (Stellung Hinterteil-an-Hinterteil; Bezeichnung der Verhaltensschritte in Abb. 2).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

b). Das Balzverhalten

Die Verhaltenselemente der 4 untersuchten Arten waren in dieser Phase hinsichtlich ihrer Anzahl und ihrer Intensität verschieden. Für jede dieser Arten äußerten sich die aszendenten und deszendenten Transitionen (Übergang von einem Verhaltenselement zum anderen) in charakteristischer Weise. Mit Hilfe der direkten Beobachtungsmethode wurde eine apparente Vereinfachung der Verhaltensweise auf der Evolutionslinie der 3 Arten (*E. complana* - *M. brassicae* - *X. c-nigrum*) verzeichnet, wobei die Berührungsreize im heterosexuellen Kontakt voraussetzenden „Schlüsselelemente" (Abb. 2) mit ihrer bedeutenden Rolle für gelungene Paarungen jedoch dominant blieben (STAN 1988b). Die Verhaltenselemente während der Balz sind auch für das Modell anderer

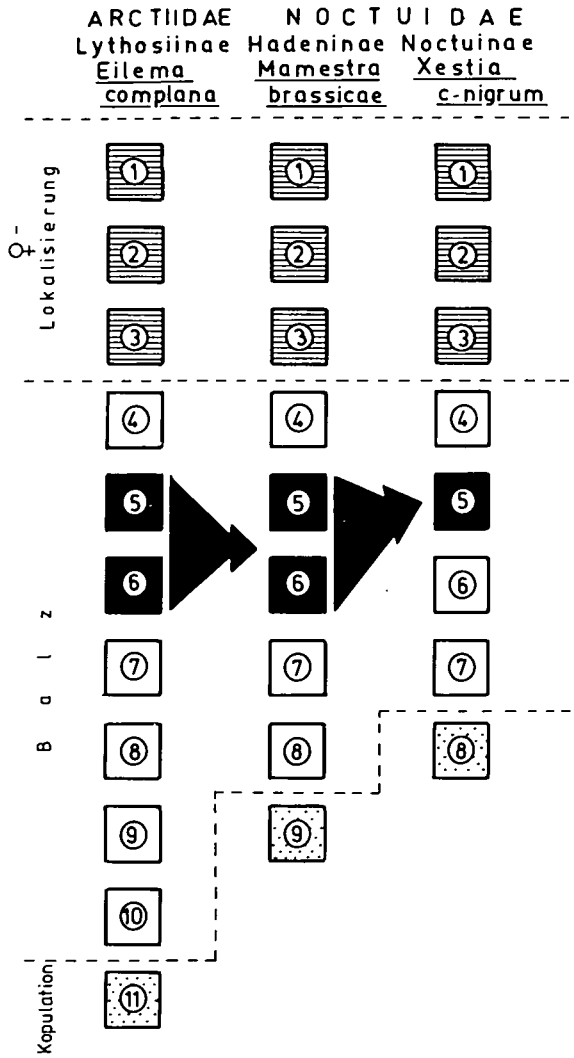


Abb. 2: Vergleichende schematische Darstellung des Männchen- Reaktionsverhaltens bei *Eilema complana*, *Mamestra brassicae* und *Xestia c-nigrum* auf Sexualpheromon in der Phase zur Weibchen- Lokalisierung und im Balzverhalten (die schwarz markierten Verhaltenselemente setzen taktile Reize voraus und spielen eine bedeutende Rolle bei einem gelungenen Paarungsvorspiel; die Pfeile deuten auf eine scheinbare Vereinfachung des Verhaltens durch die Reduzierung der Anzahl der Elemente auf der Evolutionslinie der drei Arten hin - nach STAN 1988b). Die Verhaltenselemente 1, 2, 3, 4, 5 haben die gleiche Bedeutung für *Eilema complana* (Ec), *Mamestra brassicae* (Mb) und *Xestia c-nigrum* (Xcn); Verhaltenelement 6Ec = 6 Mb, 9 Ec = 7 Mb = 6 Xcn; 10 Ec = 8 Mb = 7 Xcn.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Lepidopteren-Arten mit Nachtverhalten kennzeichnend doch unterscheidet sich ihre Eingliederung gelegentlich nach Art und Autor. Außerdem unterscheiden sich Intensität, Frequenz und Anzahl der Elemente in Abhängigkeit von der individuellen Variation von einer Art zur anderen, wobei das Verhalten auch durch die Untersuchungsmethode definiert wird.

3.1.3. Die Untersuchung der Attraktivität des natürlichen Sexualpheromons

Eine weitere Möglichkeit zur Untersuchung des Reaktionsverhaltens der Männchen auf Sexualpheromon besteht in der Anwendung olfaktometrischer Testmethoden. Die Bewertung des Verhaltens wird in Abwesenheit des Weibchens in speziellen, als Olfaktometer bezeichnete Vorrichtungen durchgeführt. Auf diese Weise wird die dritte Etappe (Reizempfang und Antwort auf Pheromon) des Pheromon-Kommunikationsmechanismus nachgewiesen. Die zwei weiteren Etappen bestehen in der Produzierung-Freisetzung und in der Ausbreitung des Pheromons in der Atmosphäre.

A. Das natürliche, von virginen Weibchen freigesetzte Sexualpheromon

a). Biotestierung und Olfaktometertypen

Die olfaktometrischen Tests wurden mit den unter Laborbedingungen auf künstlichen Diäten gezüchteten Arten *Mamestra brassicae* und *Xestia c-nigrum* durchgeführt (STAN et al. 1986, STAN 1990, CIOCHIA et al. 1993). Es wurden 5 olfaktometrische Modelle verwendet: Käfig-Olfaktometer (TOMESCU et al. 1980, STAN 1990, 1991), Windtunnel (nach MILLER & ROELOFS 1978), tubulares Olfaktometer (L=80 cm, Durchmesser = 6-40 cm, oder Varianten der „tubularen olfaktometrischen Batterien" „Y"- förmiges Olfaktometer und Gefäß-Olfaktometer.

Das Funktionsprinzip, die Arbeitsmethoden und die Versuchsbedingungen wurden sowohl in der Fachliteratur (HUMMEL & MILLER 1984) als auch in unseren eigenen Arbeiten (TOMESCU et al. 1980, STAN und TOMESCU 1986, STAN 1990) ausführlich beschrieben. Die Biotests erbringen vielfältige Informationen über das Männchen-Verhalten beginnend mit dem Augenblick der Pheromon- Perzeption bis zum Anflug der Duftquelle, da sie die wirksamsten Verhaltenstests für die Untersuchung der Anwesenheit (qualitative Aussage) oder der mengenmäßigen Bestimmung (quantitative Aussage) einer biologisch aktiven Substanz darstellen, wobei der lebende Organismus als Detektor dient (SHOREY 1970).

b). Bewertung der positiven Antwort

Im allgemeinen wird die Reaktion nach dem Olfaktometer-Typ bewertet. Bei Käfig-

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Olfaktometern wurde als positive Reaktion die das Verbindungsrohr passierte Anzahl der Männchen angesehen (R1). Vergleichend wurde auch die von BARTELL & SHOREY (1969) benutzte Methode angewendet. Bei Untersuchungen über die Bedeutung der Nebenbestandteile in der Beeinflußung der Attraktivität der Hauptkomponente des Sexualpheromons wurden bei *M. brassicae* auch andere Parameter verwendet: R2 (Bewertung der Verhaltensreaktion mit Hilfe der Elemente I-VII), R3 (Variante nach KHASIMUDDIN & LUBEGA 1984), R4 (Variante nach den oben zitierten Autoren, jedoch nur unter Berücksichtigung der auch im Windtunnel verwendeten Verhaltenselemente I, III, IV, VIII), dR1 (Dauer in Sekunden zwischen dem Durchgang des ersten und des letzten Männchens einer Testserie durch das Verbindungsrohr des Olfaktometers), dR2 (Dauer der typischen Verhaltensreaktion der Männchen im Olfaktometer), DE1 (Zeitspanne in der die durch das Verbindungsrohr des Käfig- Olfaktometers gegangenen Männchen Verhaltensreaktionen wie Erregungszustand, Flug, Flügelschwirren, kopulatorische Bewegungen und Kontakt zur Quelle zeigten), DE2 (ähnlich wie DE1, doch wurde die Zeitdauer für die nicht durch das Rohr gegangenen Männchen registriert, CS (Kontaktverhalten zur Quelle, das sich neben dem mit Weibchen, Lockstoff-Extrakt oder mit synthetischem Pheromon beköderten Käfig oder an der Ausströmöffnung des Rohres abspielt).

Für das Käfig-Olfaktometer wurden von uns folgende 8 Verhaltenselemente der Männchenreaktion (STAN 1990, 1991, 1993) berücksichtigt:

I. Aufrichten und Bewegung (Schwingung, Drehung) der Fühler, stationäre Erregung, Flügelschwirren;

II. starkes Flügelflattern und -schwirren, charakteristische kurze Fortbewegungen und Drehungen, Erregunszustand;

III. Abflug;

IV. Orientierung nach der Pheromonspur, gegen den Luftstrom orientierter Flug, häufige Anflugversuche und Zickzack-Bewegungen;

V. Orientierung und Entdeckung der Eingangsöffnung des Verbindungsrohrs durch das der Lockstoff in den Männchenkäfig einströmt;

VI. Unterbrechung des Flugs, Annäherung an andere Männchen, Drehungen, starkes Flügelschwirren, Berührung der Antennen;

VII. Ausstoßen und Spreizen des Klaspers, Streckung und Wölbung des Hinterleibs, Kopulierungsversuche;

VIII. Durchgang durch das Verbindungsrohr des Olfaktometers, Erregungszustand im Rohr und Beibehaltung dieser Tätigkeit in allernächster Nähe der Öffnung des Verteilungsrohres des Pheromons (dieses Verhalten wurde als Kontakt zur Quelle bezeichnet).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die Verhaltenselemente V, VI und VII können ausbleiben. Übrigens nahm für Männchen, die diese Elemente aufwiesen, die Anzahl gelungener Durchgänge durch das Rohr ab. In Analogie zur Bewertungsmethode der Reaktion im Windtunnel ist ersichtlich, daß die Elemente I, III, IV und VIII das Reaktionsverhalten in unseren Untersuchungen sehr gut kennzeichnen.

Unter den Faktoren, die die Männchenantwort auf das vom virginen Weibchen freigesetzte natürliche Sexualpheromon beeinflußen, wurden folgende untersucht: Temperatur, Licht (bei gleichzeitiger Anwesenheit des Pheromons, Position der Lichtquelle, Lichtintensität), Alter der Männchen und Weibchen (TOMESCU et al. 1981, TOMESCU et al. 1982, STAN 1990).

B. Der Rohextrakt des Sexualpheromons (RESP)

Biotest, Versuchsmethode und Bewertung der Reaktion waren die gleichen wie im Falle der Versuche mit virginen Weibchen.

Extraktion des natürlichen Sexualpheromons.

Die Methodik zur Gewinnung der Rohextrakte des Sexualpheromons setzt sowohl Verhaltensuntersuchungen (genaue Bestimmung der circadianen Abgabeperiode, Einfluß innerer und äußerer Faktoren), als auch technische Aspekte (Extraktionsmethode, Vorbereitung des Extraktes, Formulierung, Konzentrierung, Aufbewahrung) voraus. Die Methodik ist allgemein bekannt und in der Fachliteratur eingehend beschrieben worden. Unter den gegebenen Bedingungen stand uns keine neueste Technik zur Verfügung, so daß die 5 herkömmlichen Methoden verwendet wurden (HUMMEL & MILLER 1984).

Unter Laborbedingungen wurden folgende, das Reaktionsverhalten und die Attraktivität des Pheromonextraktes beeinflußende Faktoren untersucht: circadiane Periode der Extraktion, circadiane Testperiode, Männchenalter, Alter der Weibchen im Extrakt, Temperatur, Konzentration)(STAN und TOMESCU 1986, STAN 1990, 1991).

3.1.4. Attraktivität und Spezifizität des synthetischen Sexualpheromons

A. Biotestierung und olfaktometrische Bewertung der Reaktion

Verwendet wurde die gleiche Methodik wie auch im Falle des natürlichen Sexualpheromons. Die Untersuchungen wurden bei *Mamestra brassicae*, *Xestia c-nigrum* und *Ostrinia nubilalis* durchgeführt. Dank der nachgewiesenen Bedeutung des Sexualpheromons für *Mamestra brassicae* und der dabei aufgeworfenen Fragestellungen hinsichtlich seiner praktischen Anwendung wurden systematische Untersuchungen insbesondere mit dieser Art durchgeführt. Die Zusammensetzung des Sexualpheromons aus

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

einer Haupt- und 5 Nebenkomponenten (siehe die zitierten Autoren und Einzelheiten bei STAN 1990), die Variabilität der Reaktion und das Vorkommen geographischer Populationen im Gelände machten die Anwendung verschiedenster Kombinationen und Untersuchungsmethoden notwendig. Deshalb wurden alle oben erwähnten Parameter verfolgt (STAN 1990, STAN 1991).

B. Das Modell der relativen Bedeutung der Antwortgüte

Es handelt sich um eine originelle Variante der Reaktionsbewertung aufgrund der Verhaltenselemente (I-VIII) mit quantitativer Erfassung für jedes einzelne Element durch mathematische Analyse der Reaktion für alle in einer gegebenen Variante getesteten Männchen (mittlere Werte für mehrere Generationen, Zuchtlinien, Lockstoff-Typen, lokale Populationen). Aufgrund dieses Modells (Abb. 3) konnte die Qualität des syn-

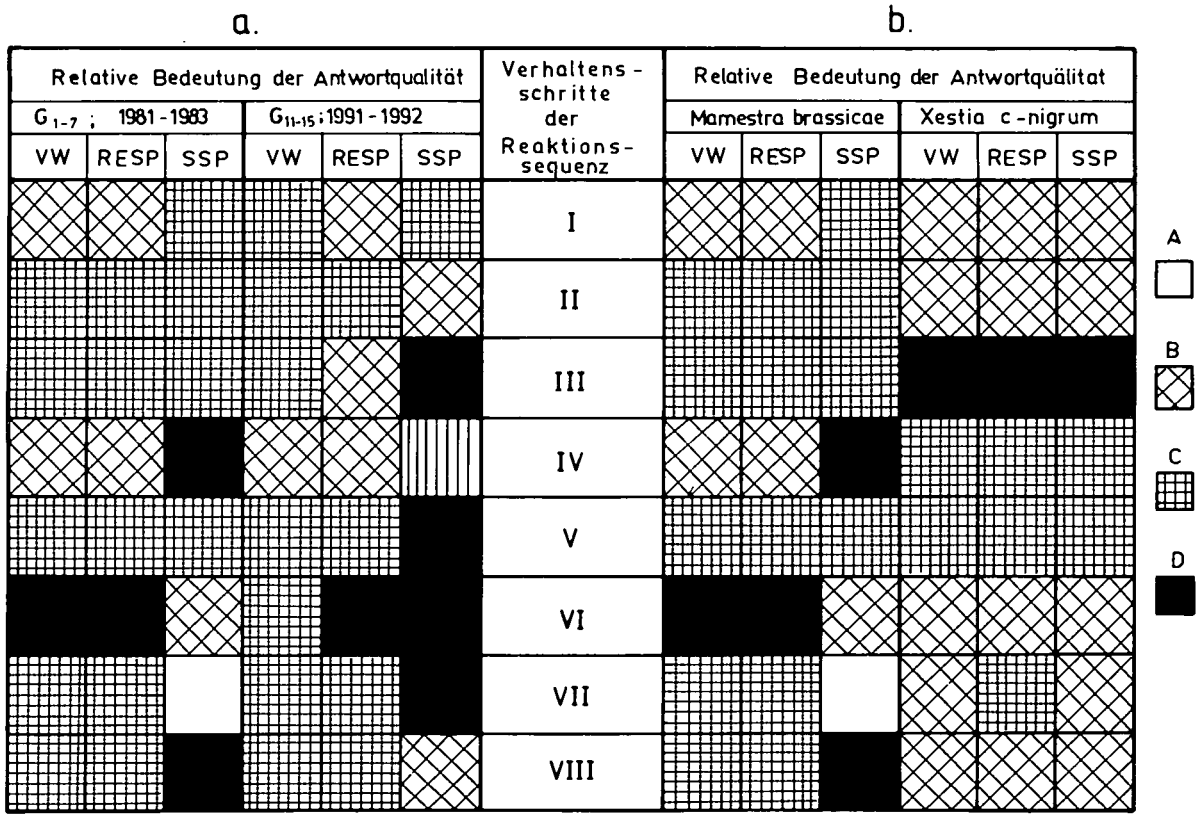


Abb. 3: Modelldarstellung für die relative Bedeutung der Antwortqualität auf Sexualpheromon. (Das Modell wurde aufgrund olfaktometrischer Labortests aufgestellt: a) Vergleichende Reaktion auf natürliches und synthetisches Sexualpheromon bei verschiedenen *Mamestra brassicae*-Generationen; b) Reaktionsvergleich zwischen *Mamestra brassicae* und *Xestia c-nigrum* auf natürliches und synthetisches Sexualpheromon; VW - virgine Weibchen; RESP - Rohextrakt des Sexualpheromons; SSP - synthetisches Sexualpheromon; A, B, C, D, - Wertgruppen Klassen der Verhaltensintensität - Einzelheiten bei STAN 1990, 1991, 1993).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

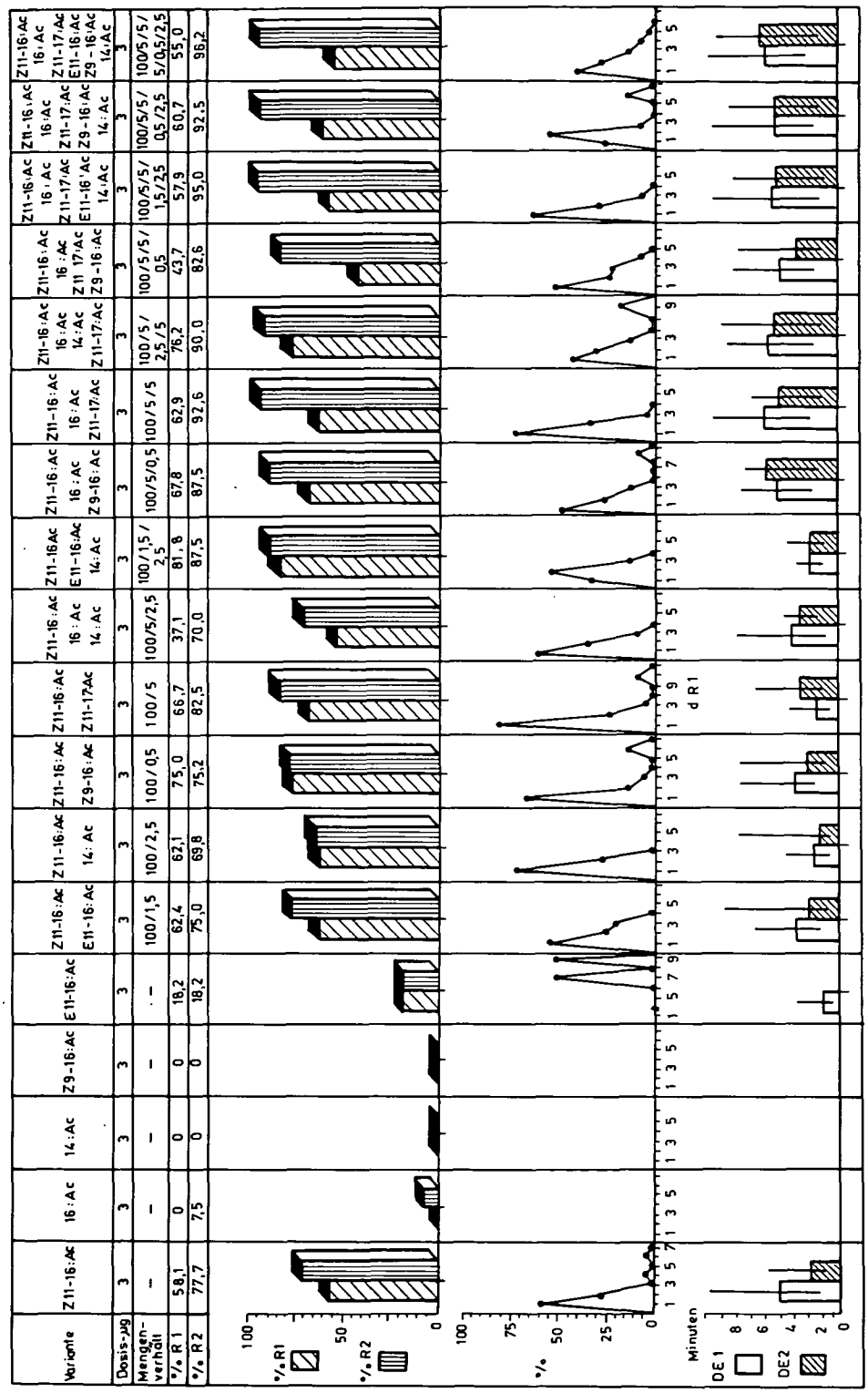


Abb. 4: Reaktionsverhalten bei *Mamestra brassicae*-Männchen auf (Z)-11-Hexadecenylacetat, Nebenkomponenten und verschiedene Gemische der Sexualpheromon-Komponenten bei olfaktometrischen Testuntersuchungen unter Laborbedingungen (die Bedeutung der Indexe wird im Text erläutert).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

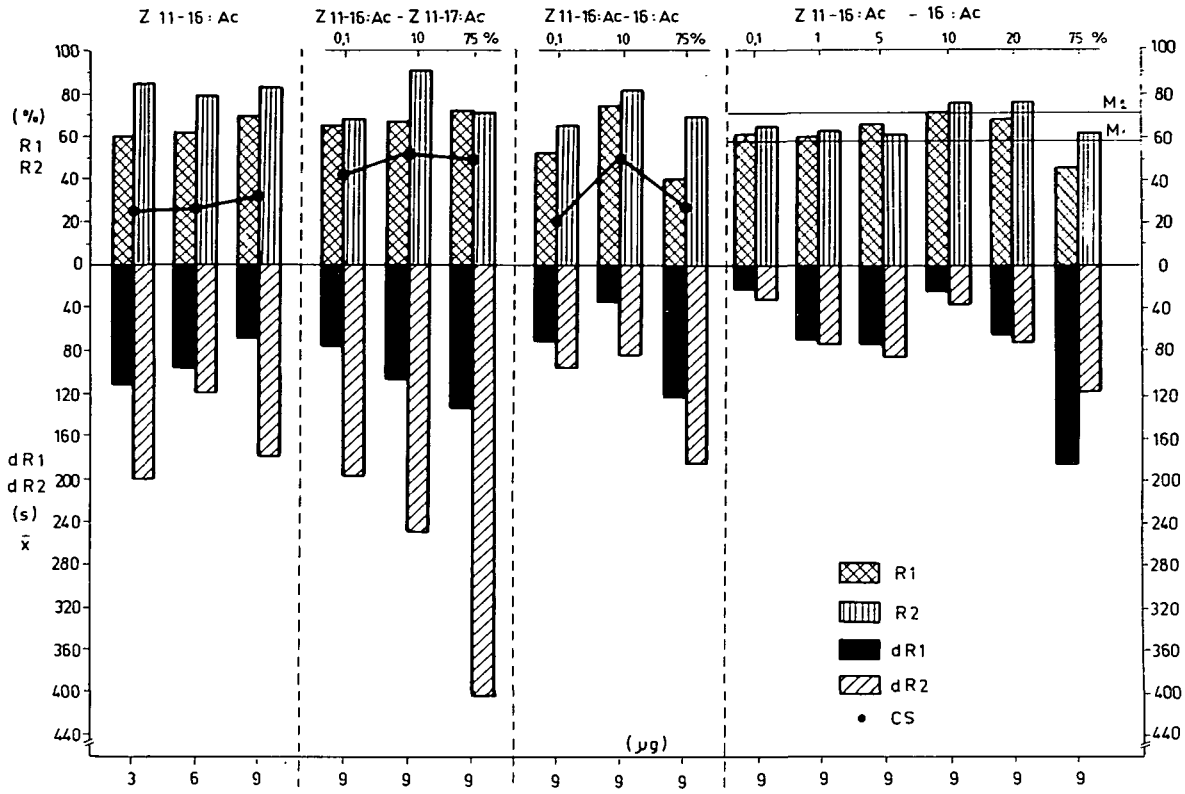


Abb. 5: Reaktionsverhalten bei *Mamestra brassicae*-Männchen auf einige Pheromon-Kombinationen im olfaktometrischen Test (die Bewertungsparameter - R1, R2, dR1, dR2, KQ - werden im Text erläutert; CS =KQ; M1 = Kontrolle für R1; M2 = Kontrolle für R2).

thetischen Lockstoffs im Vergleich zum natürlichen Sexualpheromon bei *Mamestra brassicae* untersucht und die qualitativen und quantitativen Unterschiede in der Reaktion zwischen den Arten bewertet werden.

Die Untersuchungen wurden bei *Mamestra brassicae* unter Laborbedingungen durchgeführt. Unter den Faktoren, die die Attraktivität des synthetischen Sexualpheromons beeinflußen, wurden folgende Aspekte verfolgt: die Dosis der Hauptkomponente (STAN et al. 1986, STAN 1990, 1991, STAN et al. 1992), die Nebenkomponenten (Abb. 4 und 5), synergistische und analoge Verbindungen (STAN et al. 1985, STAN et al. 1986, STAN et al. 1988, STAN 1990).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

3.2. Freilanduntersuchungen

3.2.1. Die Untersuchungsmethode der Verhaltensreaktion auf Pheromon

Das Modell wurde für die Bewertung des Verhaltens im Freiland bei Anwendung direkter Beobachtungsmethoden (Infrarot-Fernglas und Cassettenrekorder-Aufnahmen) aufgestellt. Die Beobachtungen wurden mit klebrigen Pheromonfallen, mit Tafeln zur Untersuchung des Verhaltens und mit speziellen Großkäfigen (Abb. 6) vorgenommen. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse einer Reaktionsanalyse mit diesem Modell für alle während der Zeitspanne 1993-1994 durchgeführten Feldbeobachtungen bei 7 Schmetterlingsarten zusammengefaßt; für jede einzelne Art wurden dabei die attraktivsten und spezifischsten Varianten entsprechend den Ergebnissen früherer Untersuchungen mit siebenbürgischen Populationen (STAN et al. 1986, STAN et al. 1988, STAN 1990, 1991, STAN et al. 1992) verwendet.

Tabelle 1: Reaktionsverhalten von 7 sympatrischen Lepidopteren-Arten auf Sexualpheromon unter natürlichen Bedigungen in der Umgebung von Klausenburg (Floreşti, Luna de Sus; 1994)

Art*	♂♂ Anzahl / Verhaltens-element	%-Antwort/Verhaltenselement					
	1 + 2	1	2	3 (1)	4 (3)	5 (4)	6 (4)**
Mamestra brassicae	18	33,0	66,0	100.0	83,3	80,0	16,7
Discestra trifolii	65	24,6	75,4	81,3	100,0	100,0	-
Lacanobia oleracea	38	26,3	73,7	60,0	100,0	100,0	-
Lacanobia suasa	30	73,3	26,7	81,8	66,7	50,0	50,0
Lacanobia contigua	24	16,7	83,3	50,0	100,0	100,0	-
Lacanobia w-latinum	14	71,4	28,6	60,0	66,7	75,0	25,0
Ochropleura plecta	80	37,5	62,5	80,0	83,3	80,0	20,0

* Für jede Art wurde die in früheren Untersuchungen festgestellte Pheromon-Variante mit höchster Attraktivität und Spezifizität verwendet,

** Die Ziffern in Klammern bezeichnen das Verhaltenselement anhand dessen die %-Antwort für die Elemente 3, 4, 5 und 6 bewertet wurde; die Elemente sind entsprechend Abb. 6 notiert.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

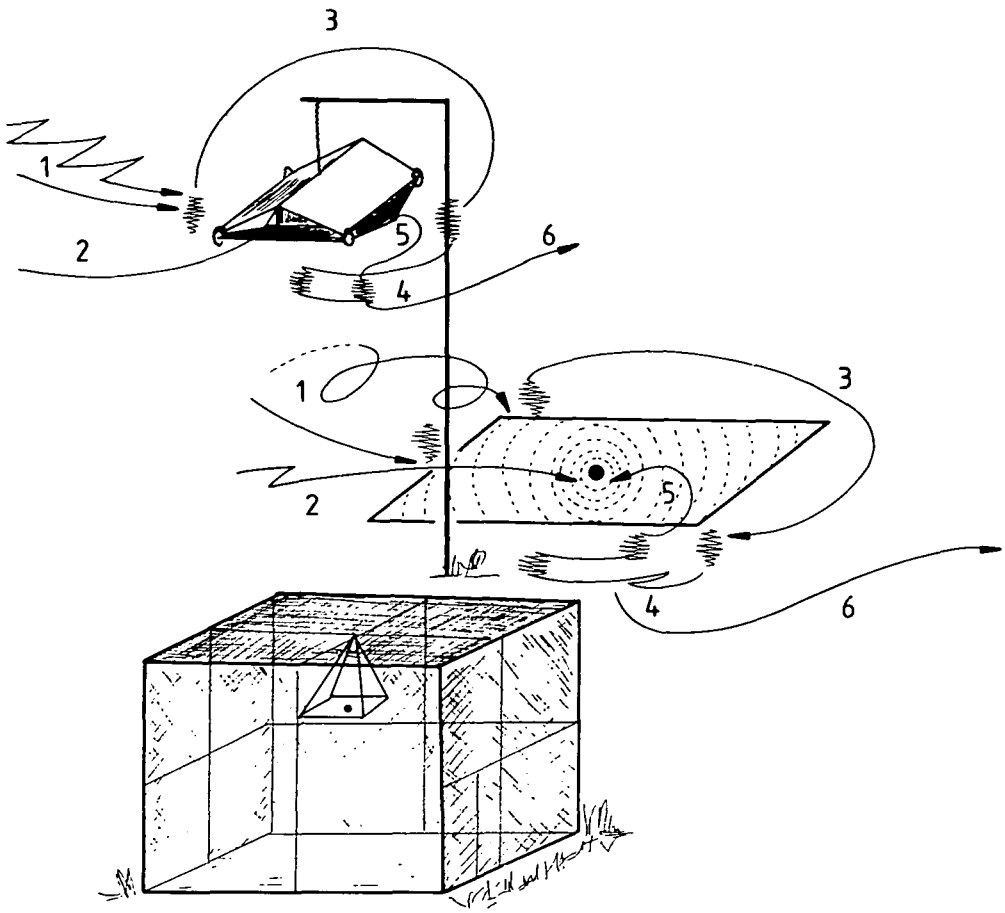


Abb. 6: Untersuchungsmodalität und Bewertung des Männchen-Verhaltens auf Sexualpheromon unter natürlichen Bedingungen und die 6 charakteristischen Verhaltenselemente. (1 - Annäherungsflug zur Falle oder Tafel (Direkter Anflug, selten Zickzack- oder Umkreisungsflug); 2 - Direkter Anflug und Landung (auf der Leimtafel oder unmittelbar neben dem Köder); 3 - Umkreisung der Falle oder Tafel (häufig durch Zickzack- oder auf und nieder-Flugbewegungen); 4 - Sequenz 3 + Segel-, Zickzack- oder gezieltem Flug; Flügelflattern; 5 - Sequenz 4 + Eindringen in den Käfig + Sequenz 2; 6 - Sequenz 4 + Entfernung von Käfig oder Tafel).

3.2.2. Die Periodizität des Reaktionsverhaltens auf Pheromon

Die Angaben gründen sich auf direkte Beobachtungen an Pheromonfallen mit attraktiven und spezifischen Varianten für verschiedene Intervalle der Flugperiode. Bei der Pheromonvariante auf der Basis von (Z)-11-Hexadecenylacetat wurde die circadiane Periodizität der Reaktion in Abhängigkeit von der Temperatur und in Verbindung mit der Implikation des Sexualpheromons in der Fortpflanzungsisolation untersucht (STAN et al. 1988, STAN 1990). Ähnliche Untersuchungen wurden auch mit den Arten *Xestia c-nigrum* und *Autographa gamma* durchgeführt (STAN et al. 1983, STAN et al. 1985, STAN et al. 1986, STAN et al. 1988, COROIU 1988, TOMESCU et al. 1990).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

3.2.3. Attraktivität und Spezifizität des synthetischen Sexualpheromons

Die Daten basieren auf Untersuchungen, die in verschiedenen Etappen an einigen Lepidopteren-Populationen Siebenbürgens zwischen 1980 und 1994 durchgeführt wurden.

A). Die Attraktivität des synthetischen Sexualpheromons im Vergleich zum natürlichen Sexualpheromon bei *Mamestra brassicae* und *Xestia c-nigrum*

Die Zusammenfassung der Ergebnisse bezieht sich auf die Zeitspanne 1981-1987. Bei *M. brassicae* wurde als synthetisches Pheromon die reine Hauptkomponente (Z)-11-Hexadecenylacetat (Z11- 16:Ac) bei *X. c-nigrum* (Z)-7-Tetradecenylacetat (Z7-14:Ac) verwendet. Im beiden Fällen zeigte das synthetische Pheromon die beste Attraktivität (STAN et al. 1985, STAN 1990). Einige festgestellten Variationen konnten mit der Dosis und der Anzahl der virginen Weibchen/Falle oder mit der RESP (Rohextrakt des Sexualpheromons) Dosis assoziiert werden. Im Vergleich zu 0,1 mg synthetischem Sexualpheromon zeigte der geschätzte Mittelwert bei *M. brassicae* nur in einem einzigen Fall eine höhere (nicht signifikante) Reaktion bei 6 Weibchen bzw. bei 10 WÄ (Weibchen- Äquivalent). Gelegentlich war die Variabilität auch mit dem Reinheitsgrad des synthetischen Pheromons gekoppelt.

B). Die Variabilität der Attraktivität und Spezifizität

Die Erscheinung wurde bei verschiedenen Arten über längere Zeitspannen verfolgt: 14 Jahre bei *Mamestra brassicae* (KIS et al. 1981, STAN et al., 1986, STAN et al. 1987, STAN et al. 1988, STAN 1990, 1991, STAN et al. 1992; hier wird auch über die Arten *Discestra trifolii, Ochropleura plecta, Lacanobia suasa, L. oleracea, L. w-latinum* berichtet), 6 Jahre bei *Xestia c-nigrum* (STAN 1990, 1991), 4 Jahre bei *Agrotis*-Arten (COROIU et al. 1992), 3 Jahre bei *Ostrinia nubilalis* (CRIŞAN et al. 1992). Für *M. brassicae* und 25 sympatrische oder kohabitante Arten der Gegend, die eine Reaktion auf die Varianten mit Z11-16:Ac zeigten, wurden über 180 Kombinationen getestet. Die Hauptkomponente wies die höchste Attraktivität für *M. brassicae* und weitere 8 Arten auf. In allen Fällen äußerte sich eine gewisse Reaktionsvariabilität in Abhängigkeit von der Dosis (zwischen 1-4 mg), und innerhalb derselben Dosis in Abhängigkeit von der Versuchsgruppe, dem Flug (Generation), der Zone, dem Versuchsjahr, dem Ökosystem. Die Spezifizität der Varianten mit Z11-16:Ac war gering, wobei die häufigsten Werte im Intervall zwischen 31 und 51% (minimale Werte 7-15%, maximale Werte 65-74,5%) lagen. Dagegen betrug die Spezifizität für *Mamestra brassicae* in natürlichen Ökosystemen während der entsprechenden Flugperiode in Kohlkulturen 100%. Die Anwendung spezifischer Varianten für sympatrische Arten verursachte signifikante Änderungen der Attraktivitäts- und Spezifizitätswerte (STAN et al. 1985, STAN et

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

al. 1986, STAN et al. 1988, STAN 1990, STAN & POP 1992).

Die Hauptkomponente (Z7-14:Ac) des Sexualpheromons zeigte für *Xestia c-nigrum* die höchste Attraktivität und Spezifizität. Außerdem konnte die synergistische (nicht signifikante) Wirkung der Komponente Z5-14:Ac in einer Menge von 0,1% für eine Periode von 6 Jahren nachgewiesen werden, während die Spezifizität zwischen 97,1 und 98,2% betrug (STAN et al. 1983, STAN et al. 1984, STAN et al. 1985, STAN et al. 1986).

Bei *Autographa gramma* wies ein Gemisch von 1000 æg Z7-12:Ac+E7- 12:Ac (9:1) die beste Attraktivität auf, während die Spezifizität zwischen 93,7 und 99,2% schwankte (COROIU 1988, TOMESCU et al. 1990).

Für *Agrotis segetum* wurde mit einem Gemisch von 1025 æg Z5- 12:Ac + Z9-12:Ac die höchste Attraktivität und Spezifizität (86,9-98,8%) erzielt (COROIU et al. 1992). In früheren Untersuchungen mit siebenbürgischen Populationen wurde die Erscheinung der Variabilität auch bei dieser Art nachgewiesen, wobei ein Gemisch von Z9-12:Ac + Z7-12:Ac + Z5-10:Ac + 12:Ac (96:2:1:1), jedoch in erheblich kleineren Dosen, sehr attraktiv wirkte (COROIU et al. 1986, COROIU et al. 1989, COROIU 1992). Bei *Agrotis exclamationis* zeigte das Gemisch von 1000 æg Z5-14:Ac + Z9- 14:Ac (95:5) die höchste Attraktivität, wobei die Spezifizität etwa 80% betrug und mit der Dosis zunahm. Die *Agrotis ypsilon*- Männchen wurden von 25æg Z7-12:Ac + Z9-14:Ac (5:1) in großer Anzahl mit einer Spezifizität von etwa 68,5% angelockt (COROIU et al. 1988).

Ostrinia nubilalis kommt in Siebenbürgen als Pheromonrasse Z mit einer einzigen Generation im Jahr vor. Am attraktivsten wirkte die Variante mit 50 æg Z11-14:Ac + E11-14:Ac (97:3). Geringere oder höhere (nur über eine Zeitspanne von 3-4 Tagen wirksame) Dosen wiesen eine signifikant kleinere Attraktivität für die Populationen dieser Zone auf. Die Spezifizität betrug 100% (CRIŞAN et al. 1988, CRIŞAN et al. 1992).

C). Die Attraktivität des Sexualpheromons und den Männchen-Fallenfang beeinflußende Faktoren

1. Vom Sexualpheromon abhängige Faktoren

a) Dosis der Hauptkomponente

Die Variabilität des Reaktionsverhaltens bei *M. brassicae*-Männchen in Abhängigkeit von der Dosis der Hauptkomponente ist in Tabelle 2 zusammengefaßt. Die Erscheinung war auch für die anderen 8 untersuchten Arten (*Ochropleura plecta, Discestra trifolii, Lacanobia w-latinum, Mesogona acetosellae, Agrochola circellaris, Agrochola*

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 2: Die Attraktivität der Hauptkomponente ((Z)-11-Hexadecenylacetat) des Sexualpheromon von *Mamestra brassicae* für arteigene Männchen in Abhängigkeit von der Menge für verschiedene Versuchsgruppen in der Umgebung von Klausenburg - Siebenbürgen (1980-1990).

Jahr	Menge (mg)	Attraktivität (Gemittelte ♂♂/Falle/Tag)*					
		I	II	III	IV	V	Mittelwert I - V
1980	0,1	0,002a	0,004a	0,017a			0,008
	0,5	0,007a	0,052b	0,034b			0,031
	1,0	0,071b	0,094c	0,050c			0,071
1981	0,3		0,035a	0,029a			0,032
	0,5		0,100b	0,090b			0,095
1982	2,0	0,140a		0,130a			0,135
-	4,0	0,182a		0,170a			0,176
1984	8,0	0,090a		0,084b			0.087
1985	1,0	0,230a	0,261a	0,920ab			0,470
-	2,0	0,232a	0,711b	0,970a			0,637
1986	3,0	0,450b	0,825bc	0,870bc			0,715
	4,0	0,970c	0,981c	0,722c			0,890
1987	1,0	0,270a	0,270a	0,260a	0,700a	0,280a	0,330
-	2,0	0,190b	0,180b	0,180b	0,870ab	0,500b	0,408
1988	4,0	0,130b	0,290a	0,360a	0,910b	0,970c	0,528
1989	0,1	0a			0b	0a	0
-	0,3	0,040a			0,110a	0,040a	0,063
1990	0,5	0a			0,080b	0a	0,022
	1,0	0,330b			0,500c	0,230b	0,353
	2,0	0,440c			0,710d	1,000c	0,716
	3,0	0,040a			0,322e	0,142d	0,168
	4,0	0,290b			0,400ce	0,140d	0,277

* Gleiche Buchstaben bedeuten nicht signifikante Unterschiede zwischen den Dosen innerhalb derselben Versuchsgruppe desselben Jahres; multipler-range-Test nach DUNCAN, P=0,05; vor der Bearbeitung wurden die Angaben in log(x+1) umgewandelt; I - Kohlkultur, Versuchs-Station Floreşti; II - Gemüsefarm Someşeni; III - Farm Klausenburg; IV - Wald bei Luna de Sus; V - Wald von Floreşti.

macilenta, Amphypira pyramidaea, Apamea monoglypha) kennzeichnend. Dagegen zeigte Z7-14:Ac bei *X. c-nigrum* in einer Menge von 1000 æg konstant und signifikant die höchste Attraktivität. Im Falle der anderen Arten wurde die Attraktivität und Spezifität durch die Anwendung von Varianten mit wenigstens 2 Pheromon-Komponenten gesichert, wobei die Reaktion sowohl durch die Dosis als auch durch das Verhältnis zwischen den Komponenten beeinflußt wurde (COROIU et al. 1988, 1992, CRIŞAN et al. 1988, CRIŞAN et al. 1992).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

b) Die Nebenkomponenten des Sexualpheromons

Für die untersuchten dominanten Arten Siebenbürgens können zusammenfassend zwei Situationen hervorgehoben werden: Arten, bei denen kein signifikanter Einfluß der Nebenkomponenten vorlag (*M. brassicae*, *X. c-nigrum*, *L. w-latinum, O. plecta*) und Arten, bei denen die Attraktivität und Spezifizität von den Nebenkomponenten des Sexualpheromons abhing (*Agrotis segetum, A. exclamationis, A. ypsilon, Autographa gamma, Ostrinia nubilalis*). Tabelle 3 zeigt eine Synthese der Ergebnisse bei *M. brassicae*.

c) Andere Faktoren (Formulierung des Pheromons, synergistische Verbindungen und Analogen, Aufenthaltsdauer der Lockstoffe im Gelände usw.)

Die durchgeführten Untersuchungen konnten viele interessante Aspekte hinsichtlich der Bedeutung der oben angeführten Faktoren hervorheben. Einige dieser Angaben konnten die Ergebnisse anderer Autoren bestätigen, während andere eigene originelle Beiträge darstellen (STAN et al. 1985, STAN et al. 1986, STAN et al. 1988, COROIU et al. 1988, CRIŞAN et al. 1988, STAN 1990, TOMESCU et al. 1990, CRIŞAN et al. 1990, STAN & POP 1992, STAN et al. 1992, CRIŞAN et al. 1992, COROIU et al. 1992). Hinsichtlich der Wirksamkeitsdauer der Lockstoff-Köder erwies sich das vom Institut für Chemie in Klausenburg synthetisierte Sexualpheromon unter optimalen klimatischen Bedingungen von hochwirksamer Attraktivität. Je nach Art betrug diese im Mittel 22,6 Tage für die Varianten mit Z11-16.Ac, 33,5 Tage für die Varianten mit Z7-14.Ac, 29,6 Tage für *Agrotis*-Arten und nur 3,5 Tage für das Pheromon der Art *O. nubilalis*.

2. Klimatische Faktoren

Langzeituntersuchungen konnten (bei *M. brassicae* und *X. c-nigrum*) keine signifikante Korrelation in der Beziehung zwischen Fangergebnis und Temperatur (als klimatischem Hauptfaktor) belegen (STAN 1990, STAN et al. 1985). Trotzdem konnte mit Hilfe der multiplen Korrelationsanalyse zur Berechnung des Bestimmtheitsgrades bei diesen zwei Arten für die Zeitspanne 1983-1988 gezeigt werden, daß das Fangergebnis bei *M. brassicae* zu 63,7% und bei *X. c-nigrum* zu 41,1% von den klimatischen Faktoren abhängig ist (STAN 1990). Die Ergebnisse stimmen mit dem Verhalten der beiden Arten im Gelände unter natürlichen Bedingungen überein. Einzeln betrachtet, beeinflußte jeder dieser Faktoren das Verhaltensmodell der Flugaktivität und Pheromonreaktion außerhalb optimaler Werte und Intervalle in Übereinstimmung mit seiner Wirkungsintensität und der Biologie der Art.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 3: Attraktivität und Spezifizität der Pheromon-Varianten mit (Z)-11-Hexadecenylacetat und Nebenkomponenten oder mit anderen Verbindungen bei *Mamestra brassicae* im Geländetest (Umgebung von Klausenburg, 1984-1987; 4 Fallen/Variante).

Variante	Mengenanteil (mg)	Attraktivität* Mittel ♂♂/Falle/Tag		S**(%)
		I	II	I
Z11-16:Ac (Z)	2,0	0,82a	0,94a	74,6
16:Ac (B)	4,0	0,0g	0,0e	
Z11-17:Ac (C)	4,0	0,0g	0,0e	
14:Ac (D)	4,0	0,0g	0,0e	
E11-16:Ac (E)	4,0	0,0g	0,0e	
Z9-16:Ac (F)	4,0	0,0g	0,0e	
Z+B	2,0+0,1	0,71ab	0,65b	50,0
Z+C	2,0+0,1	0,30e	1,02a	40,5
Z+D	2,0+0,05	0,40d	0,33d	42,5
Z+E	2,0+0,03	0,50cd	0,49c	48,1
Z+F	2,0+0,01	0,41d	0,70b	46,5
Z+B+C	2,0+0,1+0,1	0,70a	0,43c	53,5
Z+B+D	2,0+0,1+0,05	0,22f	0,33d	33,3
Z+B+E	2,0+0,1+0,03	0,32e	0,59bc	34,7
Z+B+F	2,0+0,1+0,01	0,59bc	0,56b	42,9
Z+B+C+D	2,0+0,1+0,1+0,05	0,39de	0,66b	31,2
Z+B+C+E	2,0+0,1+0,1+0,03	0,58b	0,97a	43,8
Z+B+C+F	2,0+0,1+0,1+0,01	0,31e	0,69b	41,8
Z+B+C+D+E	2,0+0,1+0,1+0,05+0,03	0,39d	0,43c	51,4
Z+B+C+D+F	2,0+0,1+0,1+0,05+0,01	0,66b	0,40d	51,6
Z+B+C+D+E+F	2,0+0,1+0,1+0,05+0,03+0,01	0,65b	0,83a	42,2
Z+Z11-16:Ald	2,0+0,002	0,15f	0,49c	10,8
Z+Z11-16:Ald	2,0+0,02	0,06g	0,05e	1,7
Z+Z9-16:Ald	2,0+0,002	0,53c	0,43c	50,9
Z+Z9-16:Ald	2,0+0,02	0,64b	0,58bc	50,8
Z+Z9-14:Ald	2,0+0,002	0,45d	0,29d	32,4
Z+Z9-14:Ald	2,0+0,02	0,64b	0,77ab	44,6

* Gleiche Buchstaben bedeuten nicht significante Unterschiede zwischen den Varianten derselben Versuchsgruppe; vor der Bearbeitung wurden die Angaben in log (x+1) umgewandelt; multiplerrange-Test nach Duncan, P=0,05; I - Gemüsefarm Someşeni (Kohlkultur); II - Wald bei Luna de Sus.

** S - Spezifizität.

3. Von den Fallen abhängige Faktoren

Bei einer großen Anzahl von Arten hatten diese Faktoren einen großen Einfluß auf die Attraktivität und das Fangergebnis. Bei den siebenbürgischen *M. brassicae*- und *X. c-nigrum*-Populationen wurden folgende Parameter untersucht: Typ der Leim-Fallen (7 Typen), Fallen-Modell (mit Leim und Wasser), Standhöhe, Entfernung zwischen den

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Fallen, Aufstellung und Orientierung der Fallen, Qualität der Leimunterlagen. Die erzielten Ergebnisse konnten eine Reihe bedeutender Erkenntnisse hervorheben. Die optimale Standhöhe betrug 1 m, für 8 Arten erwiesen sich die Fallen mit Wasser als bedeutend attraktiver, während für andere Arten (*Agrotis segetum, A. exclamationis*) Leim-Fallen wirksamer waren (STAN et al. 1987, COROIU et al. 1992). Unter den Leim-Fallen ergab das Montedison (Tetratrap)-Modell gegenüber dem Pherocon-Modell bessere Männchen- Fänge und erwies sich als signifikant attraktiver gegenüber den allseitig gleichen Tafel- oder Pilz-förmigen Modellen (STAN et al. 1985, STAN et al. 1986, STAN 1990). In Verbindung mit dem Dispersions-Modell der Populationen betrug die optimale Distanz zwischen den Fallen 30-100 m, während die wirksamste Anzahl der Fallen/Variante 3-5 betrug. Bei Leim-Fallen wurde das Fangergebnis insbesondere bei Arten mit hoher Abundanz (*X. c.-nigrum, A. gamma, A. segetum*) von der Qualität der Unterlage in Verbindung mit der Fallengröße beeinflußt (STAN et al. 1985, TOMESCU et al. 1990, COROIU et al. 1992).

4. Vom Ökosystem abhängende Faktoren

Für *M. brassicae* und einige andere auf Varianten mit Z11-16:Ac ansprechende Arten wurde das Verteilungsmodell der Imagines in verschiedenen Habitaten in zwei charakteristischen Ökosystemen der Gegend (Agro- und natürliche Ökosysteme mit Laubmischwald) untersucht. Unter Berücksichtigung der Biologie, der Ökologie und des Verhaltens der Arten wurde ihre Bevorzugung für bestimmte Biotope mit optimalsten Bedingungen für das Leben, die Erhaltung und die Fortpflanzung dieser Arten registriert (STAN et al. 1987, STAN 1990, 1991, STAN et al. 1994). Eine gute Charakterisierung der Biozönosen der beiden Ökosystem-Kategorien wurde mit Hilfe der im Querschnittprofil angeordneten Fallen erreicht (STAN et al. 1987). Es konnte festgestellt werden, daß einige Arten nur für ein einziges, d.h. entweder für das Agro- (*D. trifolii, L. oleracea, L. suasa, A. segetum*) oder das natürliche (*M. brassicae*, *N. pronuba*) Ökosystem, andere wiederum für beide Ökosysteme (*M. acetosellae, A. macilenta*) charakteristisch sind.

5. Biotische Faktoren (Wirtspflanze, bevorzugte Nahrungspflanze, interspezifische Konkurrenz)

In Abhängigkeit von der Anordnung der Fallen in verschiedenen Kulturen variierte das Fang-Muster je nach den ökologischen Bedingungen und dem Verhalten der Arten oder Geschlechter. Für einige polyphage und migrierende Arten (*A. gamma*) waren die Ergebnisse manchmal nicht eindeutig (COROIU et al. 1992). Durch vergleichende Untersuchungen mit Pheromon- und Licht-Fallen konnte auch ein unterschiedliches Fangmuster in Abhängigkeit vom Geschlecht festgestellt werden (z.B. bei *M. brassi-*

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

cae, *O. nubilalis*), während die außerhalb oder rings um die Kulturen der Wirtspflanzen angeordneten Pheromon-Fallen eine größere Männchen- Anzahl anlockten. Für beide Arten ist die Erscheinung von der lokalen Migration abhängig und mit dem Fortpflanzungsverhalten korreliert (STAN et al. 1987, CRIŞAN et al. 1988, STAN 1991, STAN et al. 1992; STAN et al. 1994). Die interspezifische Konkurrenz beeinflußte das Fangmuster, wie bei den mit *M. brassicae* sympatrisch vorkommenden Arten nachgewiesen werden konnte (STAN 1990).

6. Populationsfaktoren (Migration, Verhalten, Größe der Populationen)

Unsere insbesondere mit *M. brassicae* durchgeführten Langzeituntersuchungen konnten den Einfluß dieser Faktoren auf das Fangmuster klar nachweisen. Die lokale, mit der Protogynie und dem Fortpflanzungsverhalten zusammenhängende Migration verleiht der Art *M. brassicae* ein charakteristisches Aktivitätsmuster (STAN et al. 1987, STAN 1990, 1991, STAN et al. 1994). In der Zeitspanne 1980- 1990 war das Populationsniveau der Art *M. brassicae* in Siebenbürgen konstant niedrig, während die Regressionsgleichung im Mittel eine leichte Zunahme anzeigt (STAN et al. 1994). Eine kleinere Populationsdichte wurde jedoch auch in anderen Zonen verzeichnet

3.2.4. Die Anwendung der synthetischen Sexualpheromone bei Monitoring-Untersuchungen

A. Identifizierung neuer Arten, Nachweis neuer Schädlinge, Registrierung der Flugperiode.

In der Zeitspanne 1990-1994 wurden mit Hilfe der mit synthetischem Sexualpheromon beköderten Pheromon- Fallen im Screening-Test 156 Lepidopteren-Arten gefangen. Neben gemeinen Arten mit hoher Individuenzahl wurden auch seltene und sehr seltene Arten, wie z.B. *Euxoa hastifera* (COROIU & RÁKOSY 1988), erbeutet. Andererseits kamen in der untersuchten Gegend auch Arten mit sehr gut vertretenen Populationen vor, deren Vorkommen bisher überhaupt nicht oder nur selten mit Licht-Fallen nachgewiesen wurde. Die Pheromon-Fallen haben den Vorteil, daß sie in den verschiedensten Biotopen ausgebracht werden können, und in wirtschaftlicher Hinsicht wirksamer und rentabler sind. Außerdem wurden ebenfalls mit dem „Screening-Test" einige sehr attraktive Pheromon-Varianten, jedoch mit unspezifischen Substanzen, nachgewiesen. Das ist der Fall mit den Mischungen Z11-16:Ac + Z11- 16:Ald für *Epinotia nisella*, Z11-16:Ac + Z11-17:Ac für *Operophtera fagate*, Z11-16:Ac + C6-OC5-OH oder Z13-22:Ald für *Lymantria monacha* (STAN et al. 1987, STAN et al. 1988, STAN et al. 1992; STAN & POP 1992).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

B. Populationsdynamik

Die spezifischen Pheromon-Varianten wurden mehrere Jahre hintereinander für die Registrierung der Populationsdynamik der Arten während der gesamten Flugzeit verwendet, so daß wirklichkeitsnahe und repräsentative Flugkurven erzielt wurden (STAN 1990, 1991, STAN et al. 1992, STAN et al. 1994). Die Ergebnisse mit Pheromon-Fallen wurden mit denen der Licht-Fallen ergänzt. Der gleichartige Verlauf der Kurven bei einigen Arten konnte die Tatsache bestätigen, daß ein korrektes Modell der Dynamik für die naturgetreue Wiedergabe der Populationsgröße im Gelände sowohl von technischen als auch von biologischen Faktoren abhängig ist. Im Vergleich zu den Pheromon- Fallen haben die Licht-Fallen den Vorteil, daß sie die Dynamik nach Geschlechtern registrieren und die Bewertung des Fortpflanzungszustands der Weibchen erlauben (STAN et al. 1994).

C. Ökologische Untersuchungen

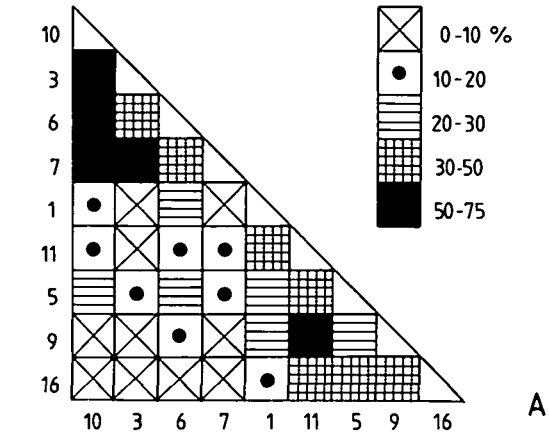
a). Abundanz

Für *M. brassicae* und andere 38 Arten (davon waren 26 dominant), die auf die Pheromon-Varianten mit Z11-16:Ac ansprachen und auch in den Licht-Fallen anwesend waren, wurde die Abundanz-Untersuchung mit Hilfe des Diapause-Indexes, der Generations- und Variabilitäts-Koeffizienten nach dem Untersuchungsmodell durchgeführt, das aufgrund der Licht- Fallenergebnissen aufgestellt wurde (MESZAROS et al. 1979, REJMANEK & SPITZER 1982). Die Pheromon-Fallenergebnisse mit spezifischen Varianten erwiesen sich als zutreffender zur Erfassung der Entwicklung der Populationsgrößen (STAN und COROIU 1985, STAN et al. 1992, STAN et al. 1994). Die mathematische Interpretation aufgrund der Fang-Mittelwerte über längere Zeitspannen ermöglichte eine korrekte Charakterisierung des evolutiven Trends der Populationen von *M. brassicae* in der untersuchten Gegend. Die Analyse der Variabilitätskoeffizienten bei dieser Art ergab ein besonders interessantes Phänomen: ein Verhalten der r-Strategie im Agroökosystem und ein K-Strategie-Verhalten im natürlichen Ökosystem, eine Erscheinung die das Verhaltensmodell einer lokalen Migration unterstützt (STAN et al. 1994).

b). Affinität

Es handelt sich um einen ökologischen Index, der den Annäherunggrad zwischen den Arten einer Biozönose oder eines Habitates, oder in verschiedenen Habitaten markiert. In Abb. 7 werden diesbezügliche Feststellungen für *M. brassicae* und sympatrische Arten für eines (I) der 6 für Siebenbürgen ausgewählten Habitate (I - Weiden/Heuwiesen; II - Kohl- und Blumenkohlkulturen; III - Laubwälder; IV - Gebüsch/Abholzungen; V - Getreidekulturen; VI - Auen und Feuchtzonen) illustriert. Unter den 26 ge-

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at



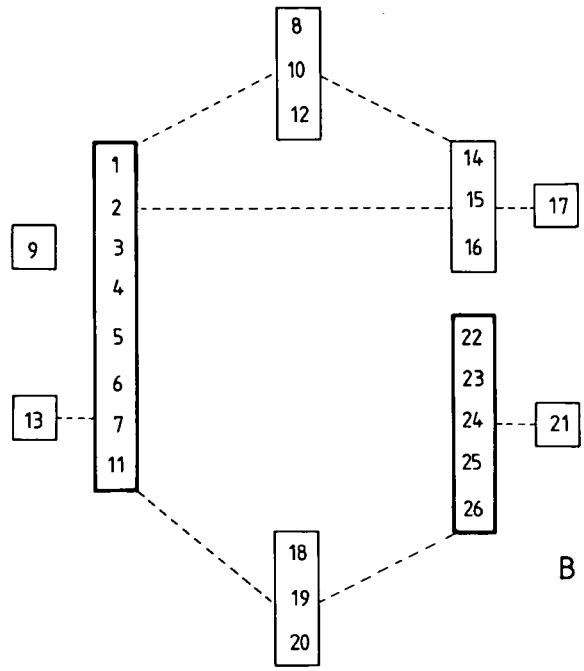


Abb. 7: Die Affinität zwischen den charakteristischen Lepidoptera-Arten des Biotops Wiese-Heuwiese (Abb. 7 A) aufgrund der in der Umbebung von Klausenburg durchgeführten Pheromon-Fallenfänge (unter den 26 gemeinsamen Arten der 5 Habitate - I = Weiden/Heuwiesen; II = Kohl- und Blumenkohlkulturen; III = Laubmischwald; IV = Gebüsch/Abholzungen; V = Getreidekulturen; - stellen die folgenden 9 charakteristischen Arten dar: 1. *Mamestra brassicae*; 3. *Lacanobia suasa*; 5. *Lacanobia contigua*; 6. *Discestra trifolii*; 7. *Ochropleura plecta*; 9. *Apamea monoglypha*; 10. *Mythimna pallens*; 11. *Ipimorpha retusa*; 18. *Orthosia gracilis*). Die Afinität zwischen den charakteristischen Lepidoptera-Arten in den 5 Habitaten aufgrund der - recurrent group - Methode (Abb. 7b).

meinen Arten waren 9 für das ausgewählte Habitat charakteristisch. Die Gruppierung der repräsentativen Arten beinhaltet Arten mit ähnlichem Flug- und Pheromon-Verhalten.

c). Diversität

Dieser ökologische Index bezieht sich auf den Reichtum der Arten einer Biozönose. Eine vergleichende Untersuchung der Biozönosen und Ökosysteme wurde möglich, soweit unterschiedliche Anzahlen gesammelter Individuen für jede dieser Einheiten vorlag. Für 26 der in 6 Habitaten in der Umgebung von Klausenburg mit 8 spezifi-

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

schen Pheromon-Varianten nachgewiesenen Lepidopteren-Arten, veranschaulicht die Schätzung des Shanon- Weaver-Diversitäts-Indexes die Diversität der Lepidopteren-Gemeinschaft, die zwischen 1,1 und 4,8 Bit.Ind.-1 variierte (Abb. 8).

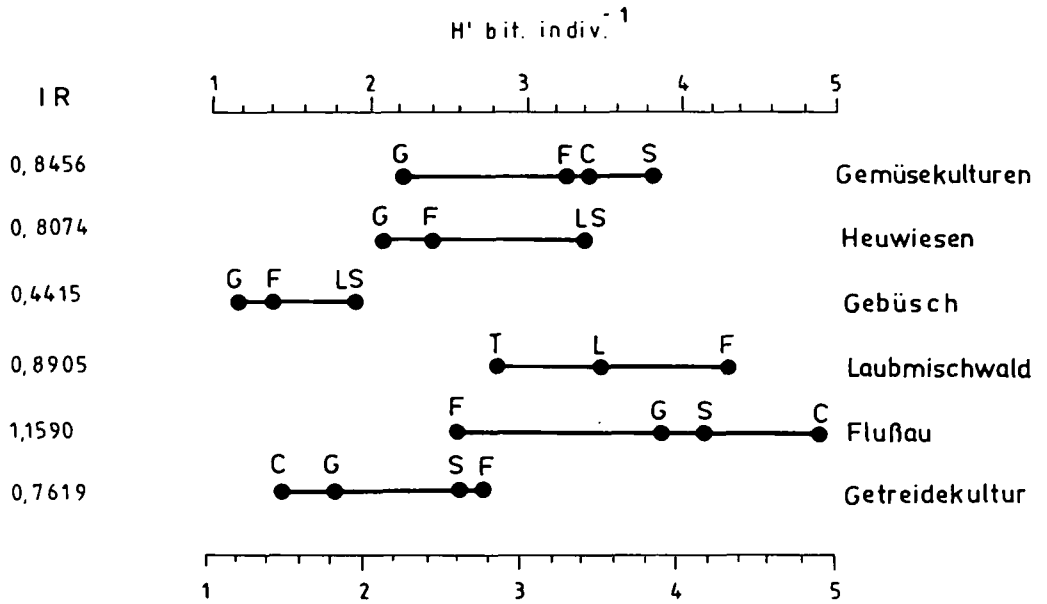


Abb. 8: Darstellung der spezifischen Artendiversität für 6 repräsentative Habitate in der Umgebung von Klausenburg aufgrund von Pheromon-Fallenfängen von 40 gemeinsamen Lepidopteren-Arten für die untersuchten Biotope (Die Buchstaben bezeichnen die Versuchsgruppen in der Umgebung von Klausenburg; G - Gheorgheni, LS - Luna de Sus, S - Someşeni, C - Cluj, T - Tăuţi, F - Floreşti; IR = relative Information).

d). Die Similarität

ist ein Maß für die Annäherung zweier Habitate, Biozönosen oder Ökosysteme zueinander. Der Annäherungsgrad für 5 Habitate der Klausenburger Gegend ist in Abb. 9 dargestellt.

e). Das Distributions-Modell der Populationen

Es handelt sich um einen besonders wichtigen Parameter zur wahrheitsgetreuen Schätzung der Populationsgröße mit Hilfe der Pheromon- Fallenmethode. Das Modell wird durch die Beziehung zwischen Varianz und Mittelwert (Taylor's Power Low-Beziehung) und durch den Chi Squarre-Test (STAN 1993) ausgedrückt. Hier seien einige

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

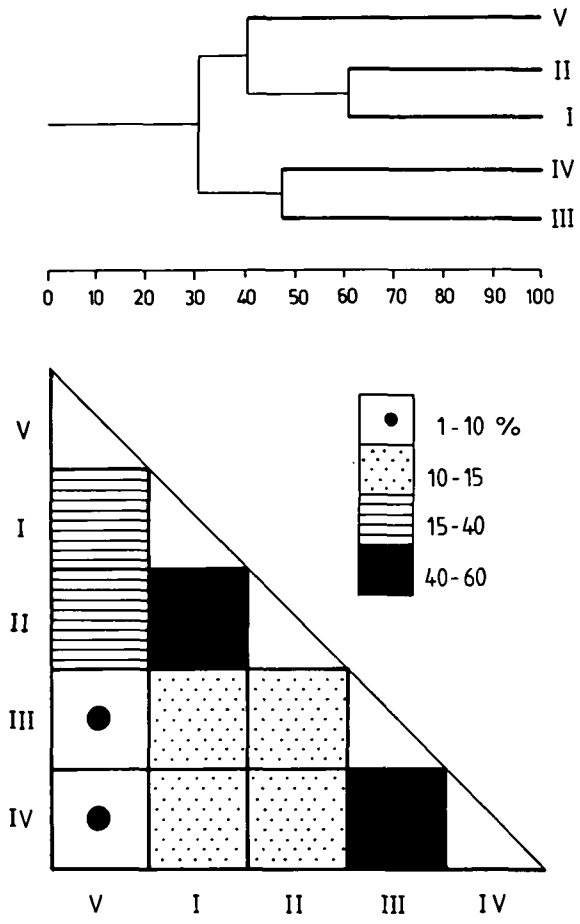


Abb. 9: Die aufgrund von Pheromon-Fallenfängen illustrierte Similarität der 5 repräsentativen Habitate Siebenbürgens für Lepidopteren-Arten (I - Weiden/Heuwiesen; II - Kohl- und Blumenkohlkulturen; III - Laubmischwald; IV - Gebüsch/Abholzungen; V - Getreidekulturen).

Distributions-Modelle für die Lepidopteren-Populationen Siebenbürgens angeführt: negativ binomial (Aggregationen) für X. c.-nigrum, positiv binomial (gleichförmig) für *Lacanobia w-latinum*, intermediär mit Aggregations-Trend bei *M. brassicae* (STAN 1990, 1991, STAN et al. 1994). Das Distributions-Modell für *M. brassicae* ist eng mit dem Verhalten der Art im Gelände korreliert.

D. Die Korrelation zwischen Fang - Befallshäufigkeit - Schäden

Untersuchungen in dieser Richtung wurden bei *M. brassicae* und *Ostrinia nubilalis* durchgeführt. Die bei *O. nubilalis* (CRIŞAN et al. 1992) erzielten Ergebnisse zeigen eine direkte Korrelation zwischen der Fanggröße und der Befallshäufigkeit, bzw. den nachfolgenden Schäden, doch war das Proportionalitätsverhältnis unterschiedlich. Verschiedene (ökologische, von der Populationsgröße, der Weibchen-Konkurrenz, der lokalen Imigration und Emigration abhängige) Faktoren beeinflußen diese Beziehung. Bei *M. brassicae* war die Beziehung noch weniger ausgeprägt. Hohe Fanggrößen wa-

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

ren im allgemeinen mit größeren Befallshäufigkeiten korreliert, doch waren kleine Fänge sowohl mit niedrigen als auch mit hohen Befallshäufigkeiten assoziiert. Ein unterschiedliches Verhalten der beiden Geschlechter und die Polyphagie waren dafür verantwortlich, daß die Beziehung zwischen Fanggröße und Befallshäufigkeit nur bis zu einer gewissen Grenze bestand. Bei der Untersuchung der *M. brassicae*-Populationen wurden signifikante positive Korrelationen zwischen der Anzahl der Eiablagen und der zahlenmäßigen Larvendichte in Kohlkulturen (r=0,8968), der zahlenmäßigen Larvendichte in Kohlkulturen und dem Männchen-Fang im Wald (r=0,0017), sowie zwischen der Eiablage in der Kultur und dem Männchen-Fang im Wald (r=0,8885) festgestellt. Die für die Zeitspanne 1986-1989 errechneten Mittelwerte ergaben andererseits auch nicht signifikante Korrelationen (STAN 1990): zwischen der zahlenmäßigen Larvendichte und der Fangmenge in Kohlkulturen (r=0,4078) und zwischen der Anzahl der Eiablagen und der Fanggröße in der Kultur (r=0,4582) (STAN 1990).

E. Verhaltensforschungen (allgemeines und Pheromon-Verhalten, Fortpflanzungsperiode, circadianer Rhythmus)

Mit Hilfe der Pheromon-Fallen wurde das allgemeine Verhalten (Flug, Ernährung, Fortpflanzung) und auf Pheromon unter natürlichen Bedingungen bei 7 Noctuiden-Arten untersucht (STAN 1990, STAN et al. 1985, STAN et al. 1994). Die vergleichende Analyse des Verhaltensmusters im Labor und im Freiland erlaubte eine gute Charakterisierung der Arten in der untersuchten Zone zur praktischen Verwendung der Angaben zwecks Kontrolle, Prognose und Warnung.

3.2.5. Die Verwendung der synthetischen Sexualpheromone zur direkten Bekämpfung

Massenfang und Verwirrungstechnik gehören, nach Ansicht der meisten Autoren, zu den direkten Bekämpfungsmaßnahmen der Schadinsekten.

A. Massenfang

Das Verfahren wird auf ausgedehnten Flächen mit Pheromon-Fallen zur Reduzierung der Schädlingspopulation unter die Schadschwelle mit sofortiger Auswirkung gleich zu Beginn der Maßnahme angewendet, ist jedoch auch auf die Nachkommenschaft wirksam. Langzeituntersuchungen wurden bei *M. brassicae* durchgeführt. In Versuchen mit 1, 3, 5, 7 , 9 und 11 Fallen/ha wurde festgestellt, daß die Eiablage bei der behandelten Versuchsgruppe nicht unterbunden wurde. Der Befall nahm mit der Anzahl der Fallen zwar ab, war damit jedoch im Vergleich zur Kontrolle nicht signifikant assoziiert (STAN 1990).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

B. Verwirrung

Diesem Verfahren wurden die höchsten Erfolgsaussichten bei der direkten Bekämpfung eingeräumt. Vielversprechende Ergebnisse wurden insbesondere bei mono- und oligophagen Arten erzielt. Die Wirksamkeit der Methode ist jedoch ausschlaggebend von genauen Kenntnissen über die Biologie, die Ökologie und das Verhalten der Art abhängig.

In Siebenbürgen wurden Untersuchungen zur Verwirrung bei *X. c-nigrum, O. nubilalis, A. segetum, M. brassicae* durchgeführt (COROIU et al. 1989, STAN 1990, CRIŞAN 1991).

Bei *M. brassicae* wurde eine 100%ige Verwirrung durch die Anwendung einer geschätzten Menge von 17,8 g synthetischem Sexualpheromon/ha erreicht. Aufgrund der Feststellung, daß eine Verwirrung von 98,1% mit 2,2 g Lockstoff/ha erzielt wird, kann angenommen werden, daß eine weit geringere Pheromonmenge als im ersten Fall zu einer wirksamen Verwirrung von 99% ausreicht. Die Untersuchung der Eiablage und der Befallshäufigkeit ergab jedoch, daß die Verwirrung bei dieser Art unter den Bedingungen kleinflächiger Anwendungen weniger wirksam ist. Obwohl eine Abnahme der Eiablage und des Befalls gegenüber der Kontrolle erreicht wurde, wird eine effiziente Verwirrung unter der Bedingung der Anwendung auf großen, mit Grenzstreifen versehenen Flächen im Laufe der gesamten Flugperiode (STAN 1990) erzielt.

Bei *X. c-nigrum* wurde eine höchste Verwirrung von 98,9% mit 4,4 g synthetischem Lockstoff/ha/16 Nächte erreicht, während sie bei *A. segetum* 97% betrug. Im Falle des Ausbleibens des Befalls konnte die Wirksamkeit der Verwirrung bei diesen zwei Arten nicht geschätzt werden (COROIU et al. 1989, COROIU et al. 1992).

Bei *O. nubilalis* ergaben Versuche mit dem Hemmstoff E9-14:Ac eine 100%ige Verwirrung, doch wurde wie bei *M. brassicae* auf kleinen Flächen keine signifikante Abnahme des Befall in der Nachkommenschaft registriert (CRIŞAN 1991). Bei *A. segetum* betrug die maximalste Verwirrung mit dem Hemmstof Z8-12:Ac 97,6%.

Es gibt recht spärliche Untersuchungen hinsichtlich der Verwirrung bei polyphagen und extrem polyphagen Lepidopteren im Vergleich zu mono- und oligophagen Arten, bei denen die Ergebnisse zufriedenstellend ausfielen, doch gibt es neben Vorteilen auch Nachteile bzw. Grenzen des Verfahrens, die durch Faktoren wie dem Artverhalten, der lokalen Migration oder zufälliger Standortsänderungen, der verwendeten Untersuchungsmethoden und Arbeitstechnologien, dem Grad der Polyphagie, der Spezifizität der Lockstoffe, der Populationsdichte usw., bedingt sind.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Literatur

ARN H., M. TOTH & E. PRIESNER 1992: List of sex pheromones of Lepidoptera and related attractants. — International Org. Biol. Control, Montfavet.

BARABAŞ A., F. HODOŞAN & H. MANTSCH 1975: Mesagerii chimici. (Chemische Botenstoffe), Bucureşti.

BARTELL R.J. & H.H. SHOREY 1969: Pheromone concentrations required to elicit successive steps in the mating sequence of male of the light-brown apple moth, *Epiphyas postvittana*. — Ann. Entomol. Soc. Amer., **62**, 5: 1206-1207.

BUTENANDT A. 1939: Zur Kenntnis der Sexuallockstoffe bei Insekten. — Jhb. Preuss. Akad. Wiss., **97**.

CIOCHIA V., G. ISAC & GH. STAN 1993: Tehnologii de creştere industrială a câtorva specii de insecte auxiliare folosite în combaterea biologică a dăunătorilor (Industrielle Aufzucht- Technologien für einige in der biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzte nützliche Insekten). - Ed. CERES, Bucureşti.

COROIU I. 1988: Date noi privind capturarea masculilor de *Autographa gamma* L. (Lepidoptera: Noctuidae) cu ajutorul feromonului sexual specific (Neue Angaben zum Männchen Fang bei *Autographa gamma* L. (Lepidoptera: Noctuidae) mit spezifischen Sexualpheromon). - Bd. „IV. Nationalkonferenz für Entomologie, Cluj-Napoca, 29-31 mai 1986", 403-412.

COROIU I. 1992: Atractanţi şi inhibitori sexuali pentru câteva specii de lepidoptere (Lock- und Hemmstoffe für einige Lepidopteren-Arten (Kurze Mitteilung)). — Bul. inf. Soc. lepid. rom., **10**, 2: 16-18.

COROIU I., L. RÁKOSY 1988: Evidencing of a sex attractant by screening test in *Euxoa hastifera* DONZEL (Lepidoptera: Noctuidae). — Studia Univ. „Babeş-Bolyai", Biologia, **33**, 2: 61-65.

COROIU I., M.C. ROMAN, N. TOMESCU & GH. STAN, 1986: Evidenţierea feromonului sexual la femelele de *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae) şi rolul lui în reproducere (Nachweis des weiblichen Sexualpheromons bei *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae) und seine Rolle bei der Fortpflanzung). — St. cerc. biol., Ser. Biol. anim., **38**, 1: 11-16.

COROIU I., GH. STAN, V. CHIŞ, Al. CRIŞAN, N. TOMESCU & H. CIUPE 1989: Dezorientarea masculilor de *Agrotis segetum* DEN. et SCHIFF. (Lepidoptera: Noctuidae) cu atractant şi inhibitor sexual (Männchen-Verwirrung bei *Agrotis segetum* Den. & Schiff. (Lepidoptera: Noctuidae) mit Sexuallockstoff und Sexualhemmstoff). — Ann. Banat., Entomol. agr., **2**: 296-301.

COROIU I., GH. STAN, V. CHIŞ, N. TOMESCU, A. ONIŞOR, I. OPREAN & H. CIUPE 1988: Posibilităţi de utilizare a feromonilor sintetici în studiul biologiei şi ecologiei speciilor *Agrotis exclamationis* L. şi *A. ypsilon* ROTT. (Lepidoptera: Noctuidae) (Anwendungsmöglichkeiten von synthetischem Pheromonen zur Untersuchung über die Biologie und Ökologie der Arten *Agrotis exclamationis* L. und *A. ypsilon* Rott. (Lepidoptera: Noctuidae)). - Bd. „IV. Nationalkonferenz für Entomologie,

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Cluj-Napoca, 29-31. Mai, 1986", 413-421.

COROIU I., GH. STAN, N. TOMESCU, AL. CRIŞAN, . OPREAN, V. CHIŞ, M.C. ROMAN & A. ONIŞOR 1992: Cercetări în câmp asupra capturării masculilor de *Agrotis segetum* DEN. & SCHIFF. (Lepidoptera: Noctuidae) cu feromon sexual sintetic (Freilanduntersuchungen zum Männchen-Fang bei *Agrotis segetum* DEN. & SCHIFF. (Lepidoptera: Noctuidae) mit synthetischem Sexual-pheromon) — Ann. ICPP, **24**: 105-116.

COROIU I., GH. STAN, N. TOMESCU, M.C. ROMAN, T. DRAGOŢEL, I. OPREAN & L.M. POP 1986: Attractivity and specificity of some pheromonal synthetic compounds in *Agrotis segetum* DEN. & SCHIFF. (Lepidoptera: Noctuidae). — Rev. Roum. Biol., Sér. Biol. Anim., **36**, 2: 109-118.

COROIU I., N. TOMESCU & GH. STAN 1984: Comportamentul de reproducere al speciei *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae) în condiţii de laborator (Das Fortpflanzungsverhalten bei *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae) unter Laborbedingungen). — St. cerc. biol., Ser. Biol. anim., **36**, 1: 57-62.

CRIŞAN AL. 1991: Biologia reproducerii şi comportamentul feromonal la sfredelitorul porumbului (*Ostrinia nubilalis* HBN., Lepidoptera: Pyralidae). Modalităţi de utilizare a feromonului în combatere (Fortpflanzungsbiologie und Pheromon-Verhalten beim Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis* HBN., Lepidoptera: Pyralidae). Anwendungsmöglichkeiten des Pheromons zur Bekämpfung). - Doktorarbeit, Universität Cluj-Napoca.

CRIŞAN AL., M.C. ROMAN, S. JELERIU, GH. STAN & I. COROIU 1990: Influence of the substratum colour on the reproduction biology of *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae). 2. Field researches. — Studia Univ. „Babeş-Bolyai", Biologia, **35**, 2: 51-54.

CRIŞAN AL., M.C. ROMAN, GH. STAN, I. COROIU, O. ONIŞOR, V. CHIŞ, H. CIUPE & I. OPREAN 1988: Field researches on the behaviour of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae), in relation with synthetic phermone blends. Studia Univ. „Babeş-Bolyai", Biologia, **33**, 2: 49-60.

CRIŞAN AL. & GH. STAN 1994: Reproducerea şi comportamentul feromonal la *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae) în condiţii de laborator. 1. Comportamentul de chemare al femelei (Fortpflanzung und Pheromonverhalten bei *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae) unter Laborbedingungen. 1. Das Lockverhalten des Weibchens). — Bul. inf. Soc. lepid. rom., **5**, 3-4: 245-255.

CRIŞAN AL., GH. STAN, N. TOMESCU, I. COROIU, M.C. ROMAN, S. JELERIU, A. ONIŞOR I. OPREAN & H. CIUPE 1992: Factori naturali şi tehnici care influenţează capturarea masculilor de *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae) cu feromon sexual sintetic şi înregistrarea curbei de zbor (Natürliche und technische Faktoren, die den Männchen-Fang bei *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Noctuidae) mit synthetischem Sexualpheromon beeinflussen und die Registrierung der Flugkurve). — Ann.ICPP, **24**: 105-116.

GHIZDAVU I. & I. OPREAN, 1987: Feromonii în combaterea insectelor dăunătoare (Die Pheromone in der Bekämpfung schädlicher Insekten). - Bucureşti.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

GHIZDAVU I., N. TOMESCU & I. OPREAN 1983: Feromonii insectelor „pesticide" din a III-a generaţie (Die Pheromone der „Pestizid"- Insekten der III. Generation). -Cluj-Napoca.

HAYNES K.F. & M.C. BIRCH 1984. The periodicity of pheromone release and male responsiveness in the articoke plume moth Platyptilia carduidactyla. — Physiol.Entomol., **9**: 287-295.

HUMMEL H.E. & P.A. MILLER (Eds). Techniques in Pheromone Research. - Springer-Verlag-New York-Berlin-Heidelberg-Tokyo.

KARLSON P. & M. LU8SCHER 1959: „Pheromones": a new term for a class of biologically active substances. — Nature (London), **183**: 55-56.

KHASIMUDDIN S. & M.C. LUBEGA 1984: Quantitative bioassays for sex pheromone analysis in *Spodoptera exempta* (WALKER)(Lepidoptera: Noctuidae) and laboratory evidence of cross-attraction among three species. — Insect Sci.Appl., **5**, 4: 325-328.

KIS B.B., GH. STAN, I. COROIU, N. TOMESCU & AL. CRIŞAN 1981: Testări în câmp ale feromonului sexual sintetic la *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) (Test des synthetischen Sexualpheromons bei *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) im Gelände). - Bd. „VII. Nationalkonferenz für Pflanzenschutz, Cluj-Napoca, 8.-10. Sept. 1981", 112-117.

MESZAROS Z., K.M. MADARAS & B. HERCZIG 1979: Population dynamics of noctuids in Hungary. I. *Scotia segetum* SCHIFF., *Scotia exclamationis* L., *Amathes c-nigrum* L. — Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung., **14**, 3-4, 493-501.

MILLER J.R. & W.L. ROELOFS 1978: Sustained-flight tunnel for measuring insect responses to windborne sex pheromones. — J. Chem. Ecol., **4**, 2: 187-198.

NOLDUS L.P.J.J, 1991: The Observer: A software systemfor collection and analysis of observational data. — Behav. Res. Meth. Instr. Computers, **23**, 3: 415-429.

ONO T. 1985: Search behavior of pheromone stimulated potato tuber moth males (Lepidoptera: Gelechiidae). — J. Ethol., **3**, 1-4: 34-42.

RAABE M. 1984: Insect neurohormones and female reproduction. Pp. 173-176. In: ENGELS, W. (Ed). Advances in Invertebrate Reproduction. - Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, New York, Oxford.

RÉAUMUR R.A.F. DE, 1736: Mémoires pour Servir à l'Histoire des Insectes. - Vol. 2, 514 p.

REJMANEK M. & K. SPITZER 1982: Bionomic strategies and long-term fluctuations in abundance of Noctuidae (Lepidoptera). — Acta Entomol. Bohemoslov., **79**: 81-96.

RENOU M & P. ZAGATTI 1986: L'avenir des médiateurs chimiques dans la lutte contre les insectes. — Def. cult., **2**: 13-17.

SHOREY H.H. 1970: Sex pheromones in Lepidoptera. Pp. 249-284. In: WOOD, D.L., R.M. SILVERSTEIN & M. NAKAJIMA (Eds). Control of Insect Behavior by Natural Products. - Acad. Press, New York.

SHOREY H.H. 1973: Behavioral responses to insect pheromones. — Annu. Rev. Entomol., **18**: 349-380.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

STAN GH. 1986: Influenţa regimului fotoperiodic, temperaturii şi vârstei asupra comportamentului de chemare la femelele de *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera : Noctuidae) în condiţii de laborator. (Der Einfluß der Photoperiode, der Temperatur und des Alters auf das Lockverhalten der Weibchen von *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) unter Laborbedingungen). - Bd. „III. Nationalkonferenz für Entomologie, Iaşi, 20-22. Mai, 1983", 257-262.

STAN GH. 1988 a: Perioada de activitate a comportamentului nocturn la *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) în relaţie cu temperatura (Die Aktivitätsperiode des Nachtverhaltens bei *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) in Beziehung zur Temperatur)(I). - Bd. „IV. Nationalkonferenz für Entomologie, Cluj- Napoca, 29-31. Mai, 1986", 351-359.

STAN GH. 1988 b: Studiu comparativ asupra comportamentului de reproducere la specii din familiile Arctiidae şi Noctuidae (Lepidoptera). II. Comportamentul masculului în localizarea femelei, curtare şi acuplare (Vergleichende Untersuchungen zum Fortpflanzungsverhalten bei Arten der Familien Arctiidae und Noctuidae (Lepidoptera). II. Das Männchen-Verhalten in der Weibchen-Lokalisierung, bei der Balz und Kopulation). - Bd. „IV. Nationalkonferenz für Entomologie, Cluj-Napoca, 29-31. Mai, 1986", 361-371.

STAN GH. 1990: Biologia reproducerii la specii de lepidoptere dăunătoare, cu referire specială la feromonii sexuali şi utilizarea lor în combatere (Zur Fortpflanzungsbiologie schädlicher Lepidopteren-Arten unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Sexualpheromonen zu ihrer Bekämpfung). - Doktorarbeit, Universität Cluj-Napoca.

STAN GH. 1991: Biologia reproducerii, comportamentul de reproducere şi feromonii sexuali la specii de lepidoptere dăunătoare. 1. Studiul comportamentului feromonal în condiţii de laborator şi câmp la *Mamestra brassicae* L. şi *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) (Fortpflanzungsbiologie, Fortpflanzungsverhalten und Sexualpheromone bei schädlichen Lepidopteren-Arten. 1. Untersuchungen zum Pheromonverhalten bei *Mamestra brassicae* L. und *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) unter Labor- und Freilandbedingungen). — Bul. inf. Soc. lepid. rom., Suppl. **1**: 87-133.

STAN GH. 1993: Comportamentul de răspuns al masculilor unor specii de noctuide (Lepidoptera: Noctuidae) la mediatori chimici în condiţii de laborator. 1. Metoda de testare, aprecierea şi importanţa relativă a calităţii răspunsului la feromonul sexual natural şi sintetic pentru *Mamestra brassicae* L. şi *Xestia c- nigrum* L. (Reaktionsverhalten der Männchen von *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera:Noctuidae) auf chemische Lockstoffe unter Laborbedingungen. 1. Test-Methoden, Bewertung und relative Bedeutung der Antwortqualität auf natürliches und synthetisches Sexualpheromon bei *Mamestra brassicae* L. und *Xestria c-nigrum* L.). — Bul. inf. Soc. lepid. rom., **4**, 1: 31-48.

STAN GH., V. CHIŞ, I. COROIU, N. TOMESCU, M.C. ROMAN, I. OPREAN & H. CIUPE 1986: Atractivitatea feromonului sexual sintetic la specia *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae, Hadeninae) în condiţii de laborator şi câmp (Attraktivität des synthetischen Sexualpheromons für *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) unter Labor- und Freilandbedingungen). - Bd. „III. Nationalkonferenz für Entomologie, Iaşi, 20-22. Mai, 1983", 242-248.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

STAN GH. & I. COROIU 1984: Influenţa fotoperioadei, temperaturii şi vârstei asupra comportamentului de chemare la femelele de *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) (Einfluß der Photoperiode, der Temperatur und des Alters auf das Lockverhalten der Weibchen bei *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae)). — St. cerc. biol., Ser. Biol. anim., **36**, 2: 96-102.

STAN GH. & I. COROIU 1985: Consideraţii asupra ecologie şi comportamentului la specii de lepidoptere dăunătoare, cu referire la rolul feromonilor sexuali utilizaţi în practica de control sau combatere (Ökologische und verhaltensbiologische Betrachtungen bei einigen schädlichen Lepidopteren-Arten unter Berücksichtigung der praktischen Bedeutung der Sexualpheromone zu ihrer Überwachung und Bekämpfung), (I). - Bd „IX. Nationalkonferenz für Pflanzenschutz, Bucureşti, 5.-6. Sept., 1985", 41-52.

STAN GH., I. COROIU, V. CHIŞ & L.M. POP 1994: Studiul comportamentului şi dinamicii populaţiilor de *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) în ecosisteme naturale şi agricole, prin cercetări cu capcane luminoase şi capcane cu atractant sexual (Untersuchungen über das Verhalten und die Populationsdynamik bei *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera:Noctuidae) in natürlichen und Agro-Ökosystemen mit Licht- und Sexuallockstoff-Fallen). — Bul. inf. Soc. lepid. rom., **5**, 1: 49-76.

STAN GH., I. COROIU, V. CHIŞ & N. TOMESCU 1986: Creşterea şi reproducerea speciei *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae, Hadeninae) în condiţii de laborator în relaţie cu dietele artificiale de hrană (Aufzucht und Fortpflanzung der Art *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) auf künstlichen Nahrungsdiäten unter Laborbedingungen). - Bd. „III. Nationalkonferenz für Entomologie, Iaşi, 20-22. Mai, 1983" 233-241.

STAN GH., I. COROIU, AL. CRIŞAN, N. TOMESCU, V. CHIŞ, A. ONIŞOR, L.M. POP & I. OPREAN 1992: Atractivitatea şi specificitatea feromonului sexual sintetic la *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) şi utilizarea lui în stabilirea curbei de zbor (Die Attraktivität und Spezifizität des synthetischen Sexualpheromons bei *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) und seine Anwendung zur Bestimmung der Flugkurve). — Ann. ICPP, **24**: 91-104.

STAN GH., I. COROIU, A. ONIŞOR, V. CHIŞ, I. OPREAN & L.M. POP 1985: Testarea în câmp a atractivităţii unor compuşi feromonali sintetici pentru *Discestra trifolii* HUFN. şi specii ale genului *Mamestra* (Lepidoptera: Noctuidae) (Attraktivitätstest für einige synthetische Pheromone bei *Discestra trifolii* Hufn. und *Mamestra*- Arten (Lepidoptera: Noctuidae) im Freiland). — St. cerc. biol., Ser. Biol. anim., **37**, 2: 89-99.

STAN GH., I. COROIU, A. ONIŞOR, I. OPREAN & L.M. POP 1988: *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae): Studiu asupra atractivităţii unor variante cu compuşi feromonali sintetici în condiţii de câmp (*Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae): Untersuchungen zur Attraktivität einiger Varianten mit synthetischen Pheromon-Verbindungen im Freiland). - Bd. „IV. Nationalkonferenz für Entomologie, Cluj-Napoca, 29-31. Mai, 1986", 383-391.

STAN GH., I. COROIU, A. ONIŞOR, N. TOMESCU, V. CHIŞ & I. OPREAN 1987: Capturarea masculilor unor specii de lepidoptere noctuide dăunătoare în capcane feromonale adezive şi capcane feromonale cu apă (Männchen-Fang bei einigen schädlichen Noctuiden-Arten in klebrigen Phero-

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

mon-Fallen und in Pheromon-Fallen mit Wasser). — Bul. Prot. plant., **4**, 3-4: 82-89.

STAN GH., I. COROIU, M. SAVU, N. TOMESCU, A. ONIŞOR, M.C. ROMAN, L.M. POP & V. CHIŞ 1988: Atractivitatea şi specificitatea unor variante feromonale cu (Z)-11-Hexadecenilacetat, pentru masculi de noctuide (Lepidoptera) (Attraktivität und Spezifizität einiger Pheromon-Varianten mit Z11-16:Ac für Noctuiden-Männchen (Lepidoptera)). - Bd. „IV. Nationalkonferenz für Entomologie, Cluj- Napoca, 29-31. Mai, 1986", 393-402.

STAN GH., I. COROIU, N. TOMESCU, V. CHIŞ, M.C. ROMAN, I. OPREAN & H. CIUPE 1983: Capturarea masculilor de *Amathes c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) în capcane cu feromon sexual sintetic şi în capcane cu femele virgine (Männchen-Fang bei *Amethes c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) in Fallen mit synthetischem Sexualpheromon und in Fallen mit virginen Weibchen). — St. cerc. biol., Ser. Biol. anim., **45**, 2: 95-101.

STAN GH., I. COROIU, N. TOMESCU, A. ONIŞOR, M.C. ROMAN, I. OPREAN & H. CIUPE 1985: *Xestia (Amathes) c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae): Influenţa factorilor climatici şi a condiţiilor agroecosistemului asupra capturării masculilor în capcane cu feromon sexual sintetic (*Xestia (Amathes) c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae): Der Einfluß klimatischer Faktoren und der Agroökosystem-Bedingungen auf den Männchen-Fang in Fallen mit synthetischem Sexualpheromon). - Bd. „IX. Nationalkonferenz für Pflanzenschutz, Bucureşti, 5-6. Sept. 1985", 53-62.

STAN GH., I. COROIU, N. TOMESCU, A. ONIŞOR, M.C. ROMAN, I. OPREAN & H. CIUPE 1986: *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae): Field response to synthetic pheromonal compounds and influence of trap design and trap maintenance on capture of males. — Rev. Roum. Biol., Sér. Biol. Anim., **36**, 1: 15-24.

STAN GH., I. COROIU, N. TOMESCU, P. SCUTĂREANU & L.M. POP 1987: *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae): Studies on the larval density and the capture of male maoths with sex attractant in different ecosystems. — Studia Univ. „Babeş-Bolyai", Biologia, **32**, 2: 11-17.

STAN GH. & Al. CRIŞAN: Reproducerea şi comportamentul feromonal la *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae) în conditii de laborator. 2. Comportamentul de curtare (Fortpflanzung und Pheromonverhalten bei *Ostrinia nubilalis* HBN. (Lepidoptera: Pyralidae) unter Laborbedingungen. 2. Balzverhalten). — Bul. inf. Soc. lepid. rom., **6**, 1 (im Druck).

STAN GH. & L.M. POP 1992: Attractivity of the pheromonal variants with (Z)-11-Hexadecenyl acetate for some Lepidoptera males. — Bul. inf. Soc. lepid. rom., **10**, 2: 10-15.

STAN, GH., L.M. POP & I. OPREAN 1994: Studies on behaviour and ecology of *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) populations from Cluj area (Romania) by means of light and sex pheromone traps. - In: „Noctuid Sex Pheromone Communication. Theory and Application", 12-16 sept.1994, Sofia, 10.

STAN GH. & N. TOMESCU 1986: Cercetări privind atractivitatea feromonului sexual natural la specia *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae, Hadeninae) în condiţii de laborator (Untersuchungen über die Attraktivität des natürlichen Sexualpheromons bei *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae, Hadeninae) unter Laborbedingungen). - Bd. „III. Nationalkonferenz

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

für Entomologie, Iaşi, 20-22. Mai, 1983", 227-232.

STAN GH. N. TOMESCU & I. COROIU 1984: Comportamentul de chemare al femelelor şi răspunsul masculilor la feromonul sexual natural la specia *Amathes c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) (Das Lockverhalten der Weibchen und die Männchen-Reaktion auf das natürliche Sexualpheromon bei *Amathes c-nigrum* L., Lepidoptera: Noctuidae) — St. cerc. biol., Ser. Biol. anim., **36**, 1: 63-69.

TOMESCU N. & V. CHIŞ 1982: The role of the sexual pheromone in the reproduction of *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae). — Rev. Roum. Biol., Sér. Biol. Anim., **27**, 2: 139-144.

TOMESCU I. COROIU, AL. CRIŞAN, GH. STAN, V. CHIŞ, M.C. ROMAN, A. ONIŞOR & H. CIUPE 1990: Cercetări asupra feromonului sexual sintetic la *Autographa gamma* L. (Lepidoptera: Noctuidae) (Untersuchungen über das synthetische Sexualpheromon bei *Autographa gamma* L., Lepidoptera: Noctuidae). — Ann. ICPP, **23**, 101-106.

TOMESCU N., M.C. ROMAN, I. COROIU, V. CHIŞ & GH. STAN 1986: Rolul feromonilor sexuali în reproducere la *Plusia gamma* L. (Lepidoptera: Noctuidae) şi *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae). (Die Bedeutung der Sexualpheromone für die Fortpflanzung bei *Plusia gamma* L. (Lepidoptera: Noctuidae) und *Malacosoma neustria* L., Lepidoptera: Lasiocampidae). Bd. „III. Nationalkonferenz für Entomologie, Iaşi, 20-22. Mai, 1983", 253-256.

TOMESCU N., GH. STAN, V. CHIŞ, S. JELERIU & C. PĂŞTINARU 1980: Laboratory bioassay of the sex pheromone of *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae). — Studia Univ. „Babeş-Bolyai", Biologia, **25**, 2: 50-54.

TOMESCU N., GH. STAN, V. CHIŞ, S. JELERIU & C. PĂŞTINARU 1981: Influence of light and age on the response of males of *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) to the sex pheromone. — Studia Univ. „Babeş-Bolyai", Biologia, **26**, 1: 43-48.

TOMESCU N., GH. STAN, I. COROIU, V. CHIŞ, M.C. ROMAN, B.B. KIS & A. ONIŞOR 1983: Specificitatea feromonului sexual sintetic la *Mamestra brassicae* L. şi *Xestia c-nigrum* L. (Lepidoptera: Noctuidae) (Die Spezifizität des synthetischen Sexualpheromons bei *Mamestra brassicae* L. und *Xestia c-nigrum* L., Lepidoptera: Noctuidae), Bd. „VIII. Nationalkonferenz für Pflanzenschutz, Iaşi, 8.-10. Sept. 1983", 413-420.

TOMESCU N., GH. STAN, B. KIS & N. COMAN 1978: Reproducerea şi dezvoltarea speciei Peridroma saucia HBN. în condiţii de laborator (Fortpflanzung und Entwicklung der Art Peridroma saucia HBN. unter Laborbedingungen). — Studia Univ. „Babeş-Bolyai", Biologia, **1**: 52-55.

Anschrift des Verfassers: Dr. Gheorghe STAN
Institutul de Cercetări Biologice,
Republicii 48, RO - 3400 Cluj-Napoca, Rumänien.